

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УДК 628.356.39:677.494.745.32

**РЫМОВСКАЯ
МАРИЯ ВАСИЛЬЕВНА**

**ТЕХНОЛОГИЯ БИОСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКОН**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.23.04 – Водоснабжение, канализация,
строительные системы охраны водных ресурсов

Минск, 2009

Работа выполнена в Учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет».

Научный руководитель **Ручай Николай Степанович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии и биоэкологии, Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты: **Седлухо Юрий Петрович**, доктор технических наук, профессор, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Белорусский национальный технический университет;

Яромский Виктор Николаевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией гидроэкологии и экотехнологий, ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси»

Оппонирующая организация – Учреждение образования «Брестский государственный технический университет»

Защита состоится «24» сентября 2009 г. в 15⁰⁰ часов на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.05.10 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, проспект Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202, телефон ученого секретаря (017) 265-97-29.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «18» августа 2009 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент



Нестеров Л.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В сфере промышленного производства Республики Беларусь значительный объем сточных вод образуется в нефтехимической промышленности, в частности, при производстве полиакрилонитрильных волокон. Особенностью таких сточных вод является присутствие токсичных техногенных загрязнителей, чужеродных для окружающей среды и негативно влияющих на микроорганизмы активного ила при биологической очистке сточных вод, что приводит к снижению степени биологической очистки воды и сбросу недостаточно очищенных вод в водоемы.

В мировой практике для локального снижения концентрации токсичных загрязнителей в сточной воде химических предприятий применяют главным образом реагентные и физические методы обработки сточных вод, которые отличаются значительным расходом реагентов, вторичным загрязнением сточных вод, большими затратами энергии.

Анализ тенденций развития биологического метода очистки сточных вод свидетельствует о перспективности использования микроорганизмов, иммобилизованных на поверхности активных сорбентов, которые повышают устойчивость микробных клеток к высоким концентрациям токсичных соединений в сточной воде. В мировой практике интенсивно разрабатывается технологический процесс, получивший название биосорбционного метода, который предусматривает совмещение в одном аппарате процессов адсорбции и биохимического окисления загрязняющих веществ закрепленными на сорбенте микроорганизмами [Швецов В.Н., 1990 г.; Nakhla, G., 1995 г.; Клименко Н.А., 1997 г.; Herzberg M., 2004 г.; и другие]. При этом обеспечивается создание высокой концентрации микроорганизмов-деструкторов и их экзоферментов в реакционной среде и защитное действие сорбента по отношению к закрепленным на его поверхности микроорганизмам в присутствии токсичных загрязнителей. Деструктурируя адсорбированные загрязнения, микроорганизмы, в свою очередь, осуществляют биорегенерацию поверхности сорбента, обеспечивая его длительное эффективное функционирование.

Формирующийся в мировой практике новый метод биосорбционной очистки природных и сточных вод целесообразно применять при разработке технологических процессов удаления из сточных вод токсичных загрязнителей, когда использование других способов очистки малоэффективно.

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами. Диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательских тем кафедры биотехнологии и биоэкологии УО «Белорусский государственный технологический университет»:

– «Разработка научных основ и технологических аспектов создания энергосберегающей технологии детоксикации сточных вод иммобилизованной микрофлорой» (ГБ 99–080, утверждена Международным институтом по радиоэкологии

им. А.Д. Сахарова (Межвузовская программа фундаментальных исследований «Воздействие»), № 19992654, науч. рук. – доцент, канд. биолог. наук Гриц Н.В., 1998–2005 гг.);

– «Разработка энергосберегающей технологии биосорбционной очистки стоков, содержащих токсичные органические соединения» (ГБ 27–006, утверждена Министерством образования Республики Беларусь, № 2007984, науч. рук. – Рымовская М.В., 2007 г.).

Тема диссертационной работы утверждена Советом Белорусского государственного технологического университета (протокол № 5 от 25.01.2005 г.), переутверждена Советом Белорусского государственного технологического университета (протокол № 6 от 27.01.2009 г.) и соответствует приоритетному направлению прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2006–2010 годы (Новые биосферносовместимые технологии и материалы).

Цель и задачи исследования.

Цель работы – разработка эффективной энергосберегающей технологии очистки сточных вод производства полиакрилонитрильных волокон, содержащих токсичные загрязнители.

Цель работы обусловила постановку и решение следующих задач:

- оценить влияние природы сорбирующего материала на степень адсорбции индивидуальных загрязнителей сточной воды производства полиакрилонитрильных волокон (ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты, метилакрилата), изучить биодеструкцию этих загрязнителей микроорганизмами, закрепленными на сорбентах, установить тип сорбента, который обеспечивает наибольшую эффективность процесса биосорбционной очистки;

- установить влияние кислородного и температурного режимов, а также биогенных элементов на эффективность биосорбционного удаления токсичных органических соединений сточной воды;

- определить влияние гидродинамических условий в биосорберах различных конструкций на эффективность биосорбционного удаления органических загрязнителей сточной воды производства полиакрилонитрильных волокон;

- разработать технологическую схему установки для биосорбционной очистки сточной воды производства полиакрилонитрильных волокон.

Объект исследования: сточные воды производства полиакрилонитрильных волокон ОАО «Полимир». **Предмет исследования:** технологический процесс очистки сточных вод от токсичных загрязнений сорбентами, регенерируемыми иммобилизованными на их поверхности микроорганизмами-деструкторами загрязнений.

Положения, выносимые на защиту.

1. Закономерности адсорбции характерных токсичных соединений производственной сточной воды (ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты и метилакрилата) и клеток бактерий-деструкторов загрязнений на углеродных сорбен-

тах, свидетельствующие о том, что сорбционная емкость углеродного волокна Бусофит БТ-7 по указанным токсичным соединениям (6,0, 11,7 и 13,2 мг/г соответственно) и бактериальным клеткам – представителям рода *Pseudomonas* (88 мг/г) выше, чем активированного угля АГ-5 (1,3, 9,9 и 9,6 мг/г по токсичным соединениям и 44 мг/г по бактериальным клеткам).

2. Кинетические закономерности биосорбционного удаления индивидуальных токсичных соединений в аэробных и анаэробных биосистемах, на основе которых установлено, что при начальной концентрации токсичных соединений в модельных растворах 600 мг/л в аэробных условиях с наибольшей скоростью удаляются ацетонитрил (40,0 мг/(г·сут)) и метилакрилат (9,4 мг/(г·сут)), в анаэробных – нитрил акриловой кислоты (17,4 мг/(г·сут)). Биосорбционный процесс аэробной очистки сточной воды с микробиологической регенерацией активной поверхности угля протекает более эффективно в биосистеме с активированным углем АГ-5, в которой степень удаления нитрила акриловой кислоты и метилакрилата на 27–30 % выше, чем при использовании углеродного волокна Бусофит БТ-7.

3. Технологические параметры и аппаратное оформление процесса биосорбционной очистки сточной воды ОАО «Полимир», осуществляемого в аэробных условиях в биосорбере с псевдооживленным слоем активированного угля АГ-5. При температуре процесса 30 °С и времени гидравлического удержания 1–1,3 ч достигается степень очистки сточной воды по показателю ХПК 60 %, а удельная производительность биосорбера по удаляемым загрязнениям составляет 5–6 кг ХПК/(м³·сут), или, в расчете на единицу массы сорбента, 65–80 г ХПК/(кг·сут).

4. Технологическая схема очистки сточной воды производства полиакрилонитрильных волокон, включающая аэрирование сточной воды с последующей очисткой в биосорбере с псевдооживленным (нижним) и фильтрующим (верхним) слоями активированного угля, периодическую промывку фильтрующего слоя биосорбционно очищенной водой, осветление промывной воды отстаиванием с отводом ее совместно с биосорбционно очищенной водой в городскую канализационную сеть.

Личный вклад соискателя. Диссертант изучила научно-техническую литературу по теме работы, непосредственно участвовала в получении экспериментальных данных, составляющих основу диссертации, их анализе, обобщении и изложении материала настоящей работы. Совместно с научным руководителем канд. техн. наук Ручаев Н. С. осуществляла планирование экспериментов, обработку полученных данных, критическое обсуждение результатов, оформление публикаций на их основе.

Апробация результатов диссертации. Основные положения и результаты исследования доложены на международных конференциях «Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии» (Минск, НАН Беларуси (отделение биологических наук), Институт микробиологии, 2004, 2006 гг.),

международной конференции «Проблемы биодеструкции техногенных загрязнителей окружающей среды» (Саратов, Российская академия наук, Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, 2005 г.), международной научной конференции молодых ученых «Молодежь в науке – 2005» (Минск, НАН Беларуси, Белорусский республиканский союз молодежи, 2005 г.), международной научно-практической конференции «Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии» (Минск, Белорусский государственный технологический университет, 2005 г.), международной научно-практической конференции «Техника и технология защиты окружающей среды» (Минск, Белорусский государственный технологический университет, 2007 г.), II международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии – 2006» (Гродно, Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, 2007 г.), 5-м международном конгрессе «Вода: экология и технология. ЭКВАТЭК–2006» (Москва, Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 2006 г.), 5-м международном конгрессе по управлению отходами и природоохранным технологиям «ВэйстТэк–2007» (Москва, Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 2007 г.), II Международной научно-технической конференции «Организационно-техническое управление в межотраслевых комплексах» (Минск, Белорусский государственный технологический университет, 2007 г.), III Международной научной конференции студентов и аспирантов «Молодь та поступ біології» (Львов, Львовский национальный университет имени И. Франка, 2007 г.), Второй заочной международной научно-практической конференции «Система управления экологической безопасностью» (Екатеринбург, Уральский государственный технический университет, 2008 г.).

Опубликованность результатов диссертации. По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, в том числе 6 статей в научных рецензируемых журналах (объем – 2,32 авторских листа), 8 – в материалах республиканских и международных научных конференций, 5 – тезисы докладов научных конференций. Подана заявка на патент.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 143 страницах, состоит из введения, общей характеристики работы, шести глав, заключения, библиографического списка, включающего 211 источников, в том числе 19 собственных публикаций соискателя, восьми приложений. Работа содержит 28 рисунков и 9 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В *главе 1* приводится обзор литературных данных об использовании в качестве носителей для иммобилизации (закрепления) микроорганизмов в процессах очистки сточных вод адсорбентов, приведены теоретические основы биосорбционного метода очистки сточных вод, описаны существующие в настоящее время конструкции аппаратов (биосорберов) и технологические режимы их

эксплуатации. Обоснована необходимость исследования биосорбционного процесса очистки сточной воды производства полиакрилонитрильных волокон. В *главе 2* описаны методы исследования и экспериментальные установки, в *главах 3–5* приведены результаты исследований и их обсуждение. В *главе 6* обоснована и описана технологическая схема биосорбционной очистки сточной воды производства полиакрилонитрильных волокон.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Объектами исследования являлись производственная сточная вода ОАО «Полимир» (г. Новополоцк), характеризующаяся следующими показателями: рН 6,5–9,5, взвешенные вещества – 150–200 мг/л, сухой остаток – 1200–1500 мг/л, показатель ХПК – 800–1000 мг О₂/л, БПК₅ – 500–550 мг О₂/л, азот аммонийный – 40–60 мг/л, нитрилы – до 150 мг/л (по нитрильной группе), цианиды – до 1 мг/л, ацетон – до 10 мг/л, диметилформамид – до 100 мг/л, а также модельные растворы веществ, содержащихся в производственной сточной воде.

В качестве сорбентов для иммобилизации развивающихся в сточной воде микроорганизмов-деструкторов исследовали активированные угли марки БАУ и АГ-5, активированные углеродные волокна Увисорб У-6М и Бусофит БТ-7, а также синтетические полимерные волокна – полиакрилонитрильное (нитрон) и полиамидное (насадка «ВИЯ»).

Из числа токсичных веществ-загрязнителей сточной воды для исследования были выбраны наиболее характерные для действующего на ОАО «Полимир» производства полиакрилонитрильных волокон соединения: ацетонитрил, нитрил акриловой кислоты и метилакрилат.

В качестве микроорганизмов-деструкторов токсичных органических соединений использовали бактерии *Pseudomonas aeruginosa* и *Rhodococcus rhodochrous* (в виде моно- и бинарной культуры) из коллекции кафедры биотехнологии и биоэкологии УО «Белорусский государственный технологический университет», которые способны утилизировать загрязняющие вещества сточной воды в качестве единственного источника углерода.

Концентрацию токсичных соединений в водной фазе устанавливали методом ГЖХ на хроматографе с пламенно-ионизационным детектором и микронабивной колонкой. Степень очистки производственной сточной воды контролировали по величине показателя ХПК, определяемого стандартным методом.

Дегидрогеназную активность ила оценивали методом, основанным на превращении бесцветного 2,3,5-трифенилтетразолия хлорида под воздействием дегидрогеназ бактериальных клеток в трифенилформазан красного цвета.

Биосорбционное удаление индивидуальных токсичных соединений сточной воды в аэробных условиях исследовали, моделируя процесс на шейкере-инкубаторе (скорость 120 мин⁻¹, амплитуда встряхивания 10 см) в колбах объемом 250 мл с 1 г активированного угля марки АГ-5 и 50 мл модельного раствора (разбавленный раствор солевого концентрата, содержащий источник углерода в виде

соответствующего токсичного соединения) с использованием бинарной культуры бактерий *Pseudomonas aeruginosa* и *Rhodococcus rhodochrous* (титр 10^7 – 10^8 кл/мл).

Скорость биосорбционного удаления токсичных соединений из модельных растворов микроорганизмами, спонтанно развивающимися в анаэробных условиях, определяли в **непроточном биосорбере с псевдооживленным слоем сорбента**. Биосорбер оснащен циркуляционным перистальтическим насосом. В качестве сорбента-носителя использовали активированный уголь марки АГ-5 (фракция частиц размером 0,25–0,50 мм). Высота колонки биосорбера 350 мм, внутренний диаметр 24 мм, масса активированного угля 20 г. Высота псевдооживленного слоя частиц сорбента 210–300 мм. Псевдооживление частиц угля обеспечивается путем циркуляции очищаемой воды через слой сорбента в замкнутом контуре с линейной скоростью 12–15 м/ч. Пусковой период очистки сточной воды в биосорбере, включающий накопление биомассы анаэробных бактерий и их закрепление на частицах сорбента в виде биопленки, длился пять недель при регулярной (1 раз в 3 суток) замене циркулирующей жидкости на исходный модельный раствор.

Установка проточного типа на основе биосорбера с псевдооживленным слоем сорбента. Биосорбер с псевдооживленным слоем применим как в аэробных, так и в анаэробных процессах очистки сточной воды спонтанно развивающимися микроорганизмами. Установки для реализации этих процессов базируются на колонном биосорбере, описанном выше. Биосорбер укомплектован насосами для псевдооживления частиц сорбента и дозирования сточной воды. При реализации процесса в анаэробных условиях установка отличается отсутствием аэратора для насыщения сточной воды кислородом воздуха.

Запуск биосорберов и вывод их на стабильный режим работы осуществляли в течение полутора месяцев (анаэробный процесс) или две недели (аэробный процесс) при малой нагрузке на биосорбер по загрязнениям (удельная скорость протока жидкости до $0,05 \text{ ч}^{-1}$). С учетом фактической температуры производственной сточной воды (30–40 °С) биосорберы функционировали в мезофильном режиме ($30 \pm 1 \text{ °C}$).

Опытно-промышленная установка на основе биосорбера с псевдооживленным слоем сорбента. Опытная установка производительностью 1500 л/сут была смонтирована в цехе 020 (очистные сооружения) ОАО «Полимир» (г. Новополоцк).

Биосорбер представляет собой колонну диаметром 250 мм и высотой 1800 мм, в которой на металлической сетке размещен активированный уголь АГ-5 (размер частиц 1–1,5 мм) в количестве 8 кг. Из верхней части аппарата сточная вода самотеком отводится в промежуточную аэрационную емкость объемом 100 л, в которой насыщается кислородом, затем поступает во всасывающую линию циркуляционного насоса и подается в биосорбер для формирования псевдооживленного слоя частиц активированного угля. Отвод биосорбционно очищенной воды осуществляется самотеком из верхней части аэрационной емкости.

Установка была смонтирована на открытой площадке, в связи с чем температура реакционной среды в биосорбере колебалась от 17 до 22 °С.

Содержание аммонийного азота и нитрилов в сточной воде до и после очистки контролировали по МВИ. МН 1516–2001 «Методика выполнения измерений концентрации аммонийного азота и нитрилов в сточных водах титриметрическим методом», утвержденной Минприроды 12.04.2001 г. (рег. номер 2.2.2.5–0003). Массовую концентрацию растворенного в воде кислорода определяли с использованием кислородомера типа АЖА-101.

Математическая обработка результатов эксперимента. Минимальное число параллельных опытов в экспериментах составляло не менее трех. Обработку экспериментальных данных проводили на ПЭВМ с использованием табличного процессора Microsoft Excel 2003 (расчет статистических характеристик опытных данных, контроль достоверности и воспроизводимости результатов, анализ однородности дисперсий ошибок опытов и адекватности описания данных полученными математическими моделями) и математической системы MathCAD 13 (описание поведения экспериментальных зависимостей).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ АДСОРБЦИИ ТОКСИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТОЧНОЙ ВОДЫ

Эффективность биосорбционного метода определяется прежде всего свойствами сорбента-носителя и химической структурой адсорбируемого вещества. В связи с этим на первом этапе работы определяли динамику адсорбции исследуемых токсичных соединений сточной воды на различных сорбентах. Эксперименты показали, что эффективность адсорбции исследуемых соединений (таблица 1) возрастает в ряду ацетонитрил → нитрил акриловой кислоты → метилакрилат в соответствии с увеличением молекулярной массы и снижением растворимости соединений в воде. Наиболее высока она на углеродном волокне Бусофит БТ-7 и активированном угле АГ-5. Характер изотерм адсорбции ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты и метилакрилата подтверждает выявленные закономерности (рисунок 1). Результаты сравнительного определения адсорбционной ёмкости сорбентов по биомассе бактерий *Pseudomonas aeruginosa* свидетельствуют о том, что высокой эффективностью выделяются углеродные волокна (88–110 мг/г), менее эффективны активированные угли (44–60 мг/г).

Таблица 1 – Эффективность углеродных сорбентов

Соединение	Адсорбционная емкость сорбентов (мг/г) при начальной концентрации токсичных соединений в модельных растворах 300 мг/л			
	Углеродное волокно Бусофит БТ-7	Углеродное волокно Увисорб У-6М	Активированный уголь АГ-5	Активированный уголь БАУ
Ацетонитрил	6,0 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0,1
Нитрил акриловой кислоты	11,7 ± 0,5	6,7 ± 0,3	9,9 ± 0,4	9,3 ± 0,4
Метилакрилат	13,2 ± 0,3	9,5 ± 0,2	9,6 ± 0,2	8,0 ± 0,2

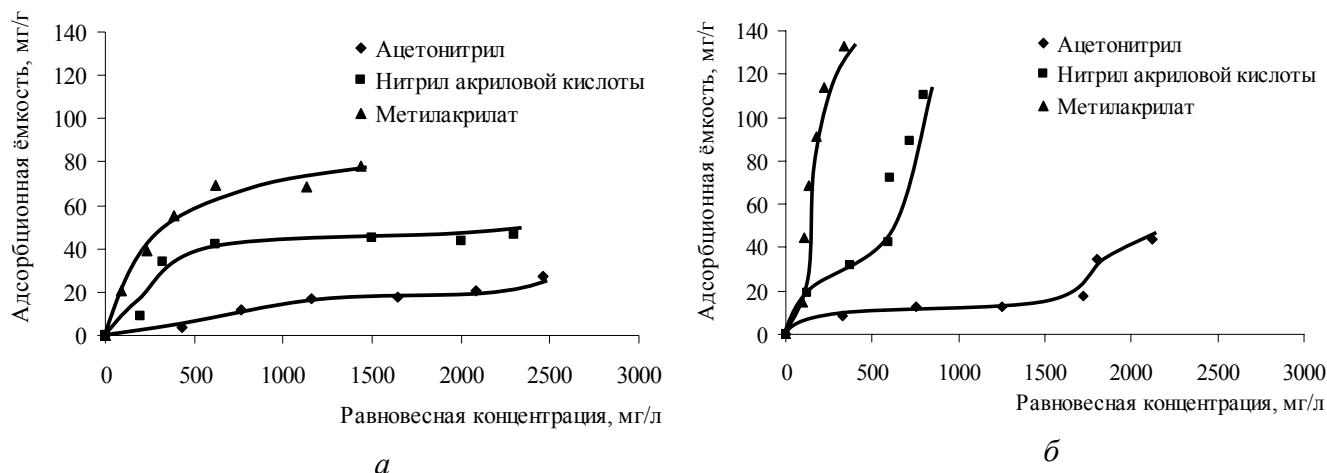


Рисунок 1 – Изотермы адсорбции ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты и метилакрилата на активированном угле АГ-5 (а) и углеродном волокне Бусофит БТ-7 (б)

Развитие популяции микробных клеток в очищаемой воде усложняет гетерогенную систему, что может обусловить конкурентную адсорбцию ее компонентов (клеток и загрязнителей) и изменить емкость сорбента по отношению к химическим загрязнителям. Исследования показали, что присутствие клеток микроорганизмов-деструкторов в водной системе «сорбент – токсичное соединение» неоднозначно влияет на эффективность удаления индивидуальных загрязнителей, приводя как к увеличению, так и к снижению степени их удаления (рисунок 2).

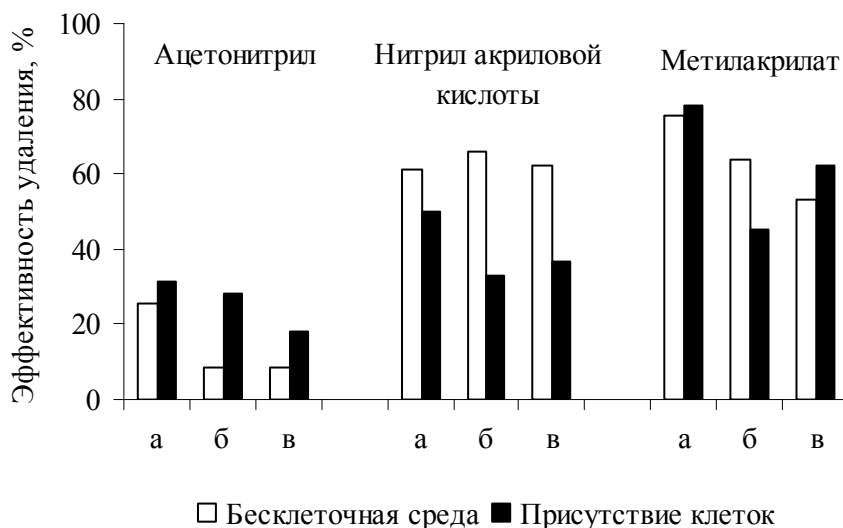


Рисунок 2 – Эффективность удаления ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты и метилакрилата из модельных растворов в присутствии клеток *Pseudomonas aeruginosa* и из бесклеточной среды

Таким образом, для создания биосистемы с иммобилизованными микроорганизмами, обеспечивающей эффективное удаление токсичных соединений из сточной воды производства полиакрилонитрильных волокон, могут быть использованы в качестве носителя для иммобилизации микробных клеток углеродные волокна или активированные угли, которые, участвуя в адсорбционном извлечении токсичных со-

единений из сточной воды, обеспечивают эффективную адсорбцию клеток микроорганизмов–деструкторов этих соединений. Это предполагает возможность длительного использования сорбентов при условии их микробиологической регенерации.

ОЧИСТКА СТОЧНОЙ ВОДЫ В БИОСИСТЕМЕ С ИММОБИЛИЗОВАННЫМИ НА СОРБЕНТАХ МИКРООРГАНИЗМАМИ

Биосорбционный метод очистки сточной воды может быть реализован как в аэробных, так и в анаэробных условиях. В настоящей главе приведены результаты исследования динамики биосорбционного удаления токсичных соединений сточной воды в аэробных и анаэробных условиях.

Адсорбция ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты и метилакрилата сопровождается их биологической деструкцией иммобилизованными клетками бактерий, которые сохраняют свою активность при высоких концентрациях токсичных соединений. Экспериментально установлено, что в аэробных условиях эффективность биосорбционного удаления ацетонитрила из раствора мало различается для углеродного волокна и активированного угля (86 и 89 % соответственно). Степень удаления нитрила акриловой кислоты и метилакрилата на 27–30 % выше в присутствии активированного угля (96 и 91 % соответственно), чем при использовании углеродного волокна (68 и 63 %). Следовательно, биосорбционный процесс адсорбции и микробиологической деструкции загрязнений с регенерацией сорбента протекает более эффективно в биосистеме с активированным углем, поэтому в последующих исследованиях в качестве сорбента-носителя для микроорганизмов использовали активированный уголь.

Для реализации технологии биосорбционной очистки возможно использование спонтанно развивающегося сообщества микроорганизмов, что упрощает технологический процесс ввиду отсутствия дополнительной операции по накоплению биомассы чистой культуры. Эксперименты показали, что спонтанно развивающиеся в сточной воде микроорганизмы обеспечивают удаление загрязнителей в аэробном биосорбционном процессе со скоростью 6–40 мг/(г·сут) при начальной концентрации загрязнителей 600 мг/л (таблица 2).

Таблица 2 – Удельная скорость биосорбционного удаления индивидуальных химических загрязнителей сточной воды (мг/(г·сут))

Органическое соединение	Начальная концентрация соединения, мг/л		
	600	600	3000
	Аэробный процесс	Анаэробный процесс	
Ацетонитрил	40,0	16,5	20,4
Нитрил акриловой кислоты	6,2	17,4	58,5
Метилакрилат	9,4	5,0	9,3

Удаление ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты и метилакрилата в анаэробном биосорбционном периодическом процессе протекает с высокой эффективностью: степень удаления этих соединений из модельных растворов достигает 90–95 %. Увеличение начальной концентрации вносимых токсичных соединений до уровня 3000 мг/л не оказывает ингибирующего воздействия на микроорганизмы, закрепленные на поверхности активированного угля, что можно объяснить свойствами угля как эффективного сорбента и высокой устойчивостью иммобилизованных клеток микроорганизмов. Как следует из приведенных в таблице 2 данных, скорость биосорбционного удаления ацетонитрила и метилакрилата выше в аэробных условиях, биосорбционное удаление нитрила акриловой кислоты осуществляется с большей скоростью с участием анаэробных бактерий.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТОЧНОЙ ВОДЫ В БИОСОРБЕРАХ ПРОТОЧНОГО ТИПА

В настоящей главе представлены результаты моделирования процесса очистки нативной сточной воды в биосорберах с фиксированным и псевдоожиженным слоем частиц активированного угля (рисунок 3).

Анаэробный биосорбер с расположением сорбента фиксированными слоями обеспечивает степень очистки сточной воды на 58–60 % по ХПК при удельной скорости протока среды $0,025 \text{ ч}^{-1}$. Удельная производительность анаэробного биосорбера по удаляемым загрязнениям составляет $0,35 \text{ кг ХПК}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$, что недостаточно для промышленного процесса.

Эффективность очистки производственной сточной воды существенно возрастает при реализации анаэробного процесса в биосорбере с псевдоожиженным слоем сорбента (активированного угля). В этом случае степень очистки сточной воды не менее 60 % по показателю ХПК достигается при гораздо более высокой скорости протока среды через аппарат – $0,2–0,3 \text{ ч}^{-1}$, что свидетельствует об увеличении концентрации микроорганизмов активного ила в рабочем объеме биосорбера и высокой эффективности биосорбционного процесса. Удельная производительность биосорбера по удаляемым загрязнениям составила $2–2,5 \text{ кг ХПК}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$.

Самая высокая эффективность очистки производственной сточной воды достигается при реализации биосорбционного метода в биосорбере с псевдоожиженным слоем в условиях аэробно-анаэробного процесса: при скорости протока $0,8–1 \text{ ч}^{-1}$, соответствующей продолжительности пребывания очищаемой воды в биосорбере 1–1,3 ч, степень очистки сточной воды составляет более 60 % по ХПК, а удельная производительность биосорбера по удаляемым загрязнениям достигает $5–6 \text{ кг ХПК}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$.

При высокой концентрации биомассы в биосорбере микроорганизмы испытывают недостаток в биогенных элементах: обогащение сточной воды азот- и фосфорсодержащими питательными солями с достижением соотношения

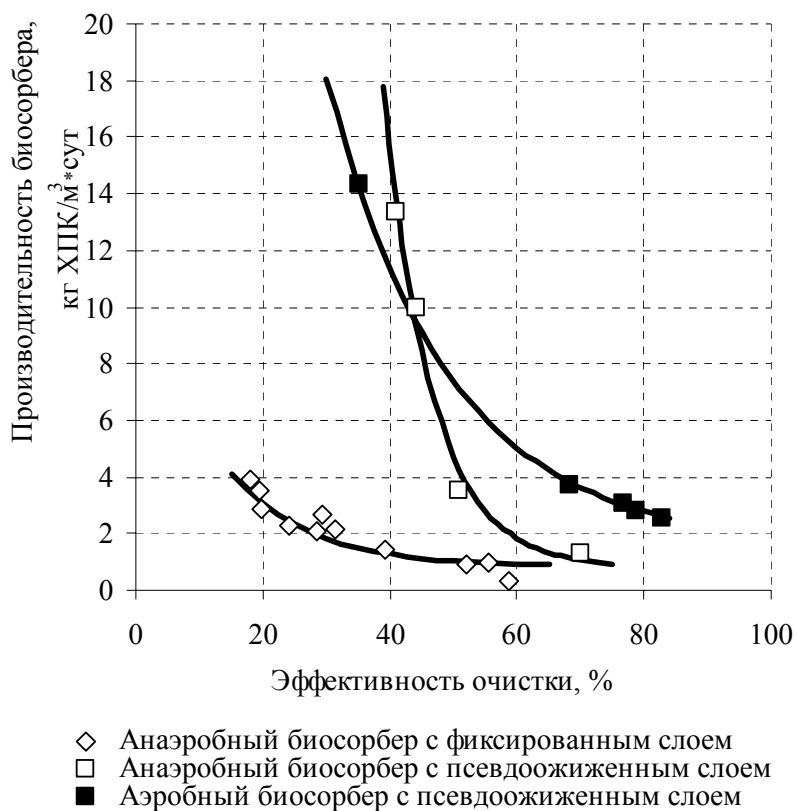


Рисунок 3 – Удельная производительность биосорберов по удаляемым загрязнителям

ХПК:N:P = 100:1:0,5 (анаэробный процесс) или ХПК:N:P = 100:5:1 (аэробный процесс) повышает эффективность очистки сточной воды и удельную производительность биосорберов соответственно на 20–25 % и 30–40 %.

Удельная скорость удаления загрязнений по показателю ХПК в биосорберах с псевдооживленным слоем сорбентоносителя при эффективности очистки 60 % в аэробном процессе составила 74 мг/(г·сут) против 22 мг/(г·сут) в анаэробном режиме функционирования.

Таким образом, биосорбционная очистка содержащей нитрилы сточной воды может быть осуществлена как в аэробном, так и в анаэробном режиме. Конструкция биосорбера с расположением сорбента фиксированными слоями малоэффективна из-за неблагоприятного гидродинамического режима в аппарате. Биосорбер с псевдооживленным слоем частиц активированного угля обеспечивает устойчивые технологические показатели в аэробных и анаэробных условиях обработки сточной воды. Обогащение сточной воды биогенными элементами способствует повышению степени ее очистки и росту удельной производительности биосорбера.

Для оценки эффективности процесса биорегенерации сорбента экспериментальным путем получены изотермы адсорбции исследуемых токсичных соединений на активированном угле АГ-5 после 6-месячной эксплуатации его в составе биосистемы проточного лабораторного биосорбера на производственной сточной воде. Снижение адсорбционной способности угля АГ-5 после длительного использования составило 7,7 % для ацетонитрила, 47,4 % для нитрила акриловой кислоты и 53,7 % для метилакрилата (в сравнении с адсорбционной емкостью исходного образца угля в водных растворах этих соединений). Полученные результаты свидетельствуют об имеющей место непрерывной регенерации активной поверхности сорбента ферментными системами иммобилизованных микроорганизмов, что обеспечивает возможность длительного использования сорбента.

Апробация разработанной биосорбционной технологии проводилась в период с 12 ноября по 7 декабря 2007 г. в цехе 020 (очистные сооружения) ОАО «Полимир» на смешанном потоке химически загрязненной сточной воды. Производительность опытной установки по сточной воде 1500 л/сут.

Результаты испытаний согласуются с полученными в лабораторных условиях экспериментальными данными и подтверждают высокую эффективность разработанной биосорбционной технологии предварительной очистки сточной воды производства полиакрилонитрила: степень очистки химически загрязненной производственной сточной воды по соединениям ряда нитрилов достигает 77 %. При скорости биосорбционного удаления органических соединений ряда нитрилов в расчете на единицу массы активированного угля 16 мг/(г·сут) (рисунок 4) удельная производительность биосорбера по удаляемым загрязнениям составляет 6–9 кг ХПК/(м³·сут) (рисунок 5).

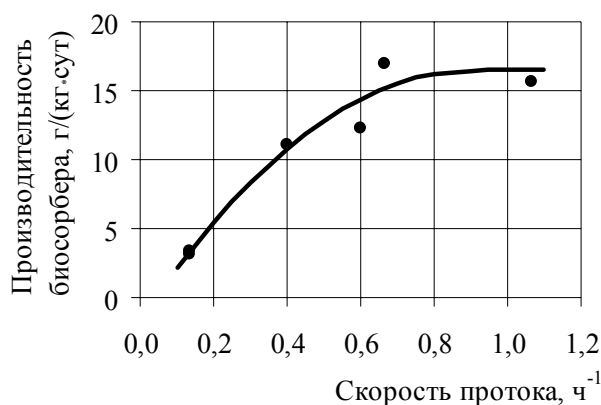


Рисунок 4 – Удельная производительность биосорбера по удаляемым органическим соединениям ряда нитрилов (на единицу массы угля)

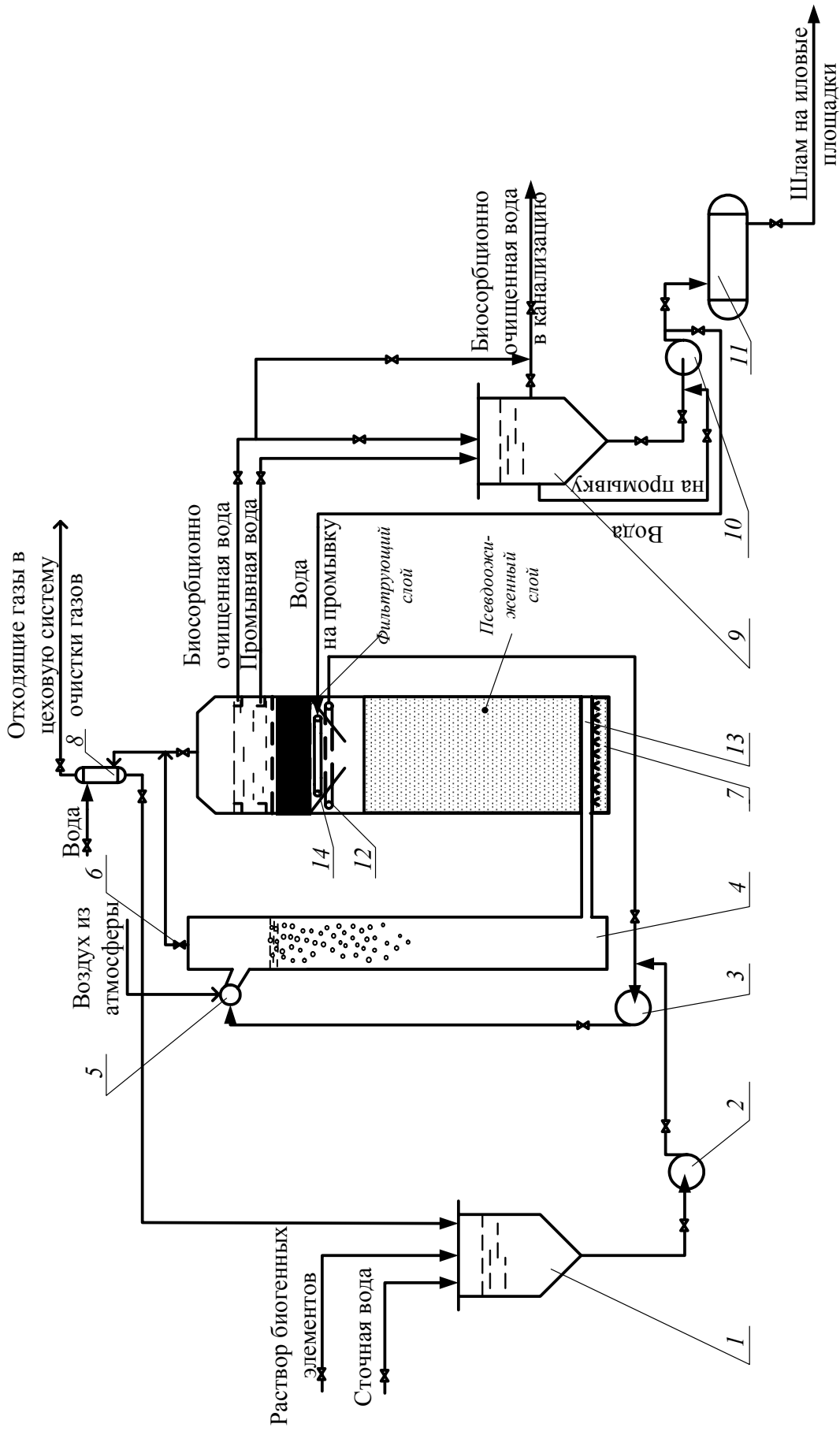


Рисунок 5 – Удельная производительность биосорбера по удаляемым загрязнениям (на единицу рабочего объема биосорбера)

Таким образом, результаты опытных испытаний разработанной биосорбционной технологии свидетельствуют о возможности эффективного функционирования биосорбера в производственных условиях при низких температурах (около 20 °С) и значительных колебаниях входных параметров сточной воды – (концентрации нитрилов, рН сточной воды).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА БИОСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНОЙ ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКОН

В основу разработанной технологии локальной биосорбционной очистки химически загрязненной сточной воды положена конструкция биосорбера с псевдооживленным слоем активного сорбента. Технологическая схема биосорбционного процесса очистки сточной воды представлена на рисунке 6.



1 – сборник; 2 – дозирующий насос; 3 – циркуляционный насос; 4 – аэрационная колонна; 5 – эжектор; 6 – дросселирующий клапан; 7 – биосорбер с псевдооживленным и фильтрующим слоями сорбента; 8 – «мокрый» скруббер; 9 – вертикальный отстойник; 10 – насос для удаления шлама; 11 – приемник шлама; 12 – водосборное устройство; 13 – водораспределительная система; 14 – устройство для подачи промывной воды

Рисунок 6 – Технологическая схема установки для биосорбционной очистки сточной воды

Сточная вода, загрязненная токсичными органическими соединениями, поступает в сборник (поз. 1), в котором смешивается с раствором ортофосфорной кислоты или ее соли для поддержания концентрации биогенных элементов в заданном соотношении (БПК:N:P = 100:5:1), а затем дозирующим насосом (поз. 2) направляется во всасывающую линию циркуляционного насоса (поз. 3) и поступает в аэрационную колонну (поз. 4) для насыщения кислородом воздуха с помощью эжектора (поз. 5). Дросселирующий клапан аэрационной колонны (поз. 6) обеспечивает давление, требуемое для преодоления сопротивления псевдооживленного слоя сорбента. Отходящие газы из аэрационной колонны и биосорбера очищаются в «мокрот» скруббере орошением водой.

Насыщенная кислородом воздуха вода поступает на очистку в биосорбер, имеющий псевдооживленный и фильтрующий слои сорбента (поз. 7), которые располагаются последовательно по высоте аппарата снизу вверх. Функциональное разделение зон с характерной для каждой из них линейной скоростью движения жидкости обеспечивает конусная перегородка. Биосорбер оборудован коллекторами для отвода циркуляционной (поз. 12) и ввода промывной воды (поз. 14), а также лотками для биосорбционно очищенной и загрязненной промывной воды. Ввод сточной воды в биосорбер осуществляется через распределительное устройство (поз. 13). Псевдооживление частиц активированного угля осуществляется за счет циркуляции жидкостного потока в замкнутом контуре «зона псевдооживления – циркуляционный насос – аэрационная колонна – зона псевдооживления» с линейной скоростью движения жидкости 30–40 м/ч.

После прохождения псевдооживленного слоя жидкость разделяется: циркулирующий поток сточной воды отводится водосборным устройством (поз. 12) и через аэратор возвращается в водораспределительную систему (поз. 13); очищенная вода (транзитный поток) фильтруется через плотный слой частиц угля, где происходит отделение взвешенных веществ. Биосорбционно очищенная вода самотеком поступает на биологические очистные сооружения для окончательной очистки.

По мере накопления в фильтрующем слое взвешенных веществ производится его промывка биосорбционно очищенной водой. Промывная вода отводится специальным лотком и направляется в вертикальный отстойник (поз. 9), откуда осадок поступает в приемник шлама (поз. 11) и вывозится на иловые площадки.

Очистка сточной воды в биосорбере осуществляется за счет спонтанно развивающегося в аэробных условиях при 30 °С сообщества иммобилизованных микроорганизмов.

В приложениях приведены статистическая обработка экспериментальных данных, акт опытных испытаний разработанной технологии на очистных сооружениях ОАО «Полимир», а также документы, подтверждающие внедрение технологии биосорбционной очистки сточных вод от токсичных соединений и экономическую целесообразность практического использования технологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Впервые исследованы закономерности процессов адсорбции и биодеструкции токсичных соединений сточной воды производства полиакрилонитрильных волокон, протекающих в биосорбционной системе «углеродный сорбент – микроорганизмы – токсичные соединения» [2-А, 3-А, 10-А].

2. Показано, что наибольшей адсорбционной способностью по отношению к индивидуальным токсичным загрязнителям сточной воды и микробным клеткам обладает углеродное волокно Бусофит БТ-7. Однако биосорбционное удаление токсичных органических соединений из сточной воды протекает более эффективно в биосистеме с активированным углем АГ-5 [2-А, 4-А, 6-А, 10-А].

3. Определена скорость биосорбционного удаления индивидуальных токсичных соединений в процессе очистки сточной воды (ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты, метилакрилата). Установлено, что в аэробных условиях с большей скоростью удаляются ацетонитрил и метилакрилат, в анаэробных – нитрил акриловой кислоты. Удельная скорость биосорбционного удаления соединений колеблется в пределах 5–40 мг/(г·сут) (в расчете на единицу массы сорбента) [1-А, 5-А, 7-А, 8-А, 12-А, 15-А, 18-А, 19-А].

4. В результате моделирования биосорбционного процесса в проточных биосорберах различных типов установлено, что очистка производственной сточной воды ОАО «Полимир» протекает с высокой эффективностью в биосорбере с псевдооживленным слоем угля в аэробных условиях. Определены технологические параметры процесса очистки сточной воды в биосорбере: степень очистки 60 % по показателю ХПК достигается при времени пребывания очищаемой воды в аппарате 1–1,3 ч и удельной нагрузке по удаляемым загрязнениям 5–6 кг ХПК/(м³·сут) или 74 г ХПК/(кг·сут) в расчете на единицу массы сорбента [6-А, 9-А, 11-А, 16-А, 17-А].

5. Показано, что в процессе длительной эксплуатации (0,5 года) биосорбера с активированным углем АГ-5 происходит непрерывная микробиологическая регенерация активной поверхности сорбента. Емкость сорбента по удаляемым соединениям после длительного непрерывного использования в биосорбере снижается на 8–54 % в зависимости от вида загрязнителя, что не оказывает негативного влияния на эффективность функционирования биосорбера [5-А, 6-А, 13-А].

6. Проведены испытания разработанной технологии на опытной установке производительностью 1500 л/сут, смонтированной на очистных сооружениях ОАО «Полимир». Результаты испытаний подтвердили полученные экспериментальные данные и высокую эффективность биосорбционного метода: степень очистки производственной сточной воды от соединений ряда нитрилов составила 40–77 % [14-А].

7. Впервые предложена и обоснована технологическая схема биосорбционной установки для локальной очистки химически загрязненной производственной сточной воды ОАО «Полимир» [5-А, 13-А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанная биосорбционная технология предназначена для использования на предприятиях химической отрасли для локальной очистки химически загрязненных сточных вод, и в частности на ОАО «Полимир» (г. Новополоцк, Республика Беларусь).

Практическая реализация технологии позволит:

- снизить поступление токсичных загрязнений на биологические очистные сооружения,
- восстановить высокий уровень окислительной способности активного ила и увеличить нагрузку на активный ил по деструктурируемым загрязнениям,
- уменьшить требуемый рабочий объем аэротенков,
- снизить затраты энергии на очистку общего объема сточных вод,
- стабилизировать качество очистки.

Ожидаемый экономический эффект от снижения затрат энергии на очистку общего объема сточных вод на биологических очистных сооружениях ОАО «Полимир» при использовании биосорбционной технологии для локальной очистки сточной воды цеха по производству нитрила акриловой кислоты составляет 750,7 млн руб./год (в ценах на декабрь 2007 года).

Технология биосорбционной очистки сточных вод, загрязненных трудноокисляемыми химическими соединениями, принята для практического использования в проектировании установок для локальной очистки производственных сточных вод от токсичных загрязнителей ОАО «Белгорхимпром» (акт о внедрении от 04.05.2009 г.) и РУП «Медико-биотехнологический институт» (акт о практическом использовании от 29.04.2009 г.), что в сопоставлении со стандартными проектными решениями позволит расширить возможности биологического метода очистки, снизить затраты энергии и исключить использование реагентов.

Технологические параметры работы биосорбера с псевдоожиженным слоем угля и технологическая схема биосорбционной очистки сточных вод от токсичных соединений внедрены в учебные программы по дисциплинам «Экологическая биотехнология» и «Технология микробного синтеза» УО «Белорусский государственный технологический университет» (г. Минск) (акт внедрения от 23.04.2009 г.), «Водоотводящие системы промышленных предприятий», «Водное хозяйство промышленных предприятий», «Системы водного хозяйства промышленных предприятий» УО «Брестский государственный технический университет» (г. Брест) (акт внедрения от 08.05.2009 г.), а также включены в тематику курсового и дипломного проектирования в этих ВУЗах.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК

1-А. Ручай, Н.С. Анаэробная очистка сточной воды ПО «Полимир» / Н.С. Ручай, М.В. Кузнецова // Труды БГТУ. Сер. IV. Химия и технология органических веществ. – 2004. – Вып. XII. – С. 167–170.

2-А. Кузнецова, М.В. Сорбционное извлечение токсичных соединений из сточной воды производства полимеров / М.В. Кузнецова, Н.С. Ручай, О.В. Афанасенко // Труды БГТУ. Сер. IV. Химия и технология органических веществ. – 2005. – Вып. XIII. – С. 90–93.

3-А. Кузнецова, М.В. Исследование биосорбционного процесса очистки сточной воды от токсичных соединений / М.В. Кузнецова, Н.С. Ручай // Материалы, технологии, инструменты. – № 4. – Т. 10. – 2005. – С. 72–75.

4-А. Рымовская, М.В. Применение биосорбционного метода для очистки сточной воды от токсичных соединений / М.В. Рымовская // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – № 5. – Ч. 2. – 2005. – С. 46–48.

5-А. Рымовская, М.В. Технология детоксикации сточной воды производства полимеров / М.В. Рымовская, Н.С. Ручай // Труды БГТУ. Сер. IV. Химия и технология органических веществ. – 2007. – Вып. XV. – С. 226–230.

6-А. Рымовская, М.В. Биосорбционная очистка сточной воды производства полимеров / М.В. Рымовская, Н.С. Ручай // Биотехнология. – 2008. – № 2. – С. 51–58.

Материалы конференций

7-А. Ручай, Н.С. Анаэробная деструкция токсичных соединений производственного стока ПО «Полимир» / Н.С. Ручай, М.В. Кузнецова // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: материалы международной конференции, Минск, 26–28 мая 2004 г. / НАН Беларуси, отделение биол. наук, Инст. микробиол, концерн «Белбиофарм», Белор. респ. фонд фундам. иссл-ий; отв. ред.: А.Г. Лобанок [и др.]. – Минск, 2004. – С. 330–332.

8-А. Кузнецова, М.В. Биодеградация токсичных соединений промышленной сточной воды производства полимеров / М.В. Кузнецова, Н.С. Ручай // Проблемы биодеструкции техногенных загрязнителей окружающей среды: материалы международной конференции, Саратов, 14–16 сентября 2005 г. / Росс. акад. наук, Инст. биохим. и физиолог. раст. и микроорг-ов РАН [и др.]; редкол.: О.В. Турковская [и др.]. – Саратов, 2005. – С. 109–110.

9-А. Рымовская, М.В. Очистка сточной воды производства полимеров в аэробном биосорбционном биореакторе / М.В. Рымовская, А.И. Высоцкая, Н.С. Ручай // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: материалы международной научной конференции, Минск – Раков, 1–2 июня 2006 г. / НАН Беларуси, отдел. биол. наук, Инст. микробиол. [и др.]; ред. ком.: З.М. Алещенкова [и др.]. – Минск, 2006. – С. 398–401.

10-А. Рымовская, М.В. Биосорбционная очистка сточной воды полимерного производства от токсичных соединений / М.В. Рымовская, Н.С. Ручай // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: материалы международной научно-практической конференции, Минск, 16–18 ноября 2005 г.: в 2 ч. / УО «Бел. гос. технол. ун-т»; редкол.: проф. И.М. Жарский [и др.]. – Минск, 2005. – Ч. 2. – С. 99–102.

11-А. Рымовская, М.В. Биосорбционный метод очистки производственного стока ПО «Полимир» / М.В. Рымовская, Н.С. Ручай // Техника и технология защиты окружающей среды: материалы международной научно-практической конференции, Минск, 5–7 декабря 2006 г. / Бел. гос. технол. ун-т.; редкол.: И.М. Жарский [и др.]. – Минск, 2006. – С. 61–64.

12-А. Рымовская, М.В. Дегидрогеназная активность ила биоочистных сооружений как показатель токсичности сточных вод химических производств / М.В. Рымовская, Н.С. Ручай // Актуальные проблемы экологии – 2006: материалы II-й международной научно-практической конференции, Гродно, 22–24 ноября 2006 г. (в кн. Экологические проблемы западного региона Беларуси: сб. науч. статей) / Гродн. гос. ун-т им. Я. Купалы; редкол.: проф. Е.П. Кремлев. – Гродно: ГрГУ, 2007. – С. 300–302.

13-А. Рымовская, М.В. Биосорбционная очистка сточной воды производства нитрила акриловой кислоты / М.В. Рымовская, Н.С. Ручай // Организационно-техническое управление в межотраслевых комплексах: материалы II Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 20–21 ноября 2007 г. / Бел. гос. технол. ун-т; редкол.: И.М. Жарский [и др.]. – Минск, 2007. – С. 523–530.

14-А. Рымовская, М.В. Очистка сточных вод производства полимерных волокон на опытной биосорбционной установке / М.В. Рымовская, Л.В. Купревич, Н.С. Ручай // Система управления экологической безопасностью: сборник трудов Второй заочной международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 25–26 мая 2008 г. / Уральский гос. технич. ун-т; редкол.: Е.Р. Магарил [и др.]. – Екатеринбург, 2008. – Т. 1. – С. 252–255.

Тезисы докладов

15-А. Кузнецова, М.В. Анаэробная деструкция токсичных соединений производственного стока ПО «Полимир» / М.В. Кузнецова // IX Республиканская научная конференция студентов и аспирантов Республики Беларусь «НИРС–2004»: тезисы докладов: в 8 ч. / УО «Гродн. госуд. аграрн. ун-т»; ред.: А.И. Жук [и др.]. – Гродно, 2004. – Ч. 2. – С. 30–31.

16-А. Высоцкая, А.И. Моделирование биосорбционного процесса очистки сточной воды производства полимеров в лабораторном биореакторе / А.И. Высоцкая, М.В. Рымовская, Н.С. Ручай // X Республиканская научная конференция студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь «НИРС–2005»: сборник тезисов докладов, Минск, 14–16 февраля 2006 г., в 2 ч. / Мин. обр-ия Респ. Бел., Бел. гос. ун-т и др.; ред.: С.К. Рахманов [и др.]. – Минск, 2005. – Ч. 2. – С. 291.

17-А. Рымовская, М.В. Очистка сточной воды производства полимеров в анаэробных биосорбционных биореакторах / М.В. Рымовская, Н.С. Ручай // ЭКВАТЭК – 2006 [Электронный ресурс]: материалы конгресса, каталог выставки, Москва, 30 мая – 2 июня 2006 г. – Электрон. дан. (354,7 Мб). – Москва, 2006. – 1 электрон. оптич. диск (CD–ROM).

18-А. Рымовская, М.В. Очистка сточной воды производства нитрила акриловой кислоты / М.В. Рымовская, Н.С. Ручай // ВэйстТэк–2007: тезисы 5-го международного конгресса по управлению отходами и природоохранным технологиям, Москва, 29 мая – 1 июня 2007 г. / СИБИКО; редкол.: Н.Ф. Абрамов – Москва, 2007. – С. 408–409.

19-А. Rymovskaya, M.V. Destruction of toxic organic compounds from polyacrylonitrilic fibers production wastewater / M.V. Rymovskaya, N.S. Ruchay // Молодь та поступ біології: Збірник тез третьої Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів, Львів, 23–27 квітня 2007 року / Львівський нац. ун-т імені Івана Франка, редкол.: С.О. Гнатуш [і ін]. – Львів, 2007. – С. 265.

РЭЗІЮМЕ

Рымоўская Марыя Васільеўна

Тэхналогія біясарбцыйнай апрацоўкі сцёкавых вод вытворчасці поліакрыланітрыльных валокнаў

Ключавыя словы: сцёкавая вада вытворчасці поліакрыланітрыльных валокнаў, нітрыл акрылавай кіслаты, лакальная ачыстка, біясорбцыя, актываваны вугаль, імабілізаваныя мікраарганізмы, біясорбер з псеўдаажыжаным слоём, тэхналагічны працэс.

Мэта даследавання: распрацоўка эфектыўнай энергазберагальнай тэхналогіі ачысткі сцёкавых вод вытворчасці поліакрыланітрыльных валокнаў.

Метады даследавання: мадэліраванне біясарбцыйнага працэсу ачысткі ў біясорберах розных канструкцый, газавадкасная храматаграфія, хімічны, біяхімічны і мікрабіялагічны аналіз.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: упершыню даследаваны заканамернасці працэсаў адсорбцыі і дэструкцыі індывідуальных таксічных забруджвальнікаў сцёкавай вады вытворчасці поліакрыланітрыльных валокнаў (ацэтанітрылу, нітрылу акрылавай кіслаты, метылакрылату) у біясарбцыйнай сістэме «вугляродны сарбент – мікраарганізмы – таксічныя рэчывы». Вызначана, што ўдзельная скорасць дэструкцыі рэчываў мікраарганізмамі, якія спантанна развіваюцца ў біясорберы, хістаецца ў межах 5–40 мг/(г·сут) (у разліку на адзінку масы сарбенту). Біясарбцыйнае выдаленне таксічных арганічных рэчываў са сцёкавай вады ажыццяўляецца з высокай эфектыўнасцю пры рэалізацыі працэсу ў функцыянуючым ва ўмовах аэрабіёзу біясорберы з псеўдаажыжаным слоём актываванага вугалю: ступень ачысткі сцёкавай вады па паказальніку ХСК 60 % дасягаецца пры часе знаходжання ачышчаемай вады ў апарате 1–1,3 ч і ўдзельнай нагрузцы на біясорбер па выдаляемых забруджваннях 5–6 кг ХСК/(м³·сут) ці ў разліку на адзінку масы сарбенту 74 г ХСК/(кг·сут). Упершыню прапанавана і абгрунтавана тэхналагічная схема біясарбцыйнай устаноўкі для папярэдняй ачысткі хімічна забруджанай вады вытворчасці поліакрыланітрыльных валокнаў.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: распрацаваная дысертантам тэхналогія можа быць выкарыстана на прадпрыемствах нафтахімічнай галіны для папярэдняй ачысткі хімічна забруджанай сцёкавай вады. Практычная рэалізацыя дазволіць знізіць паступленне таксічных забруджванняў на біялагічныя ачысныя збудаванні, аднавіць высокі ўзровень акісляльнай здольнасці актыўнага глею за кошт павелічэння нагрузкі на актыўны глей па выдаляемых забруджваннях, знізіць неабходныя рабочы аб'ём аэратэнкаў, што прывядзе да зніжэння затрат энергіі на ачыстку ўсяго аб'ёму сцёкавай вады і стабілізацыі якасці ачысткі.

Галіна ўжывання: лакальная біяхімічная ачыстка сцёкавых вод ад таксічных забруджвальнікаў.

РЕЗЮМЕ

Рымовская Мария Васильевна

Технология биосорбционной очистки сточных вод производства полиакрилонитрильных волокон

Ключевые слова: сточная вода производства полиакрилонитрильных волокон, нитрил акриловой кислоты, локальная очистка, биосорбция, активированный уголь, иммобилизованные микроорганизмы, биосорбер с псевдоожиженным слоем, технологический процесс.

Цель работы: разработка эффективной энергосберегающей технологии очистки сточных вод производства полиакрилонитрильных волокон.

Методы исследования: моделирование биосорбционного процесса очистки в биосорберах различных конструкций, газожидкостная хроматография, химический, биохимический и микробиологический анализ.

Полученные результаты и их новизна: впервые исследованы закономерности процессов адсорбции и деструкции индивидуальных токсичных загрязнителей сточной воды производства полиакрилонитрильных волокон (ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты, метилакрилата) в биосорбционной системе «углеродный сорбент – микроорганизмы – токсичные соединения». Установлено, что удельная скорость биосорбционного удаления соединений спонтанно развивающимися в биосорбере микроорганизмами колеблется в пределах 5–40 мг/(г·сут) (в расчете на единицу массы сорбента). Биосорбционное удаление токсичных органических соединений из сточной воды протекает с высокой эффективностью при реализации процесса в функционирующем в условиях аэробно-биоза биосорбере с псевдоожиженным слоем активированного угля: степень очистки сточной воды по показателю ХПК 60 % достигается при времени пребывания очищаемой воды в аппарате 1–1,3 ч и удельной нагрузке на биосорбер по удаляемым загрязнениям 5–6 кг ХПК/(м³·сут) или в расчете на единицу массы сорбента 74 г ХПК/(кг·сут). Впервые предложена и обоснована технологическая схема биосорбционной установки для предварительной очистки химически загрязненной сточной воды производства полиакрилонитрильных волокон.

Рекомендации по использованию: разработанная диссертантом биосорбционная технология может быть использована на предприятиях нефтехимической отрасли для предварительной очистки химически загрязненных сточных вод. Практическая реализация технологии позволит снизить поступление токсичных загрязнений на биологические очистные сооружения, восстановить высокий уровень окислительной способности активного ила за счет увеличения нагрузки на активный ил по деструктируемым загрязнениям, уменьшить требуемый рабочий объем аэротенков, что приведет к снижению затрат энергии на очистку общего объема сточных вод и стабилизации качества очистки.

Область применения: локальная биохимическая очистка сточных вод от токсичных загрязнителей.

SUMMARY

Rymouskaya Maryia Vasil'euna

Bioadsorption technology of polyacrylonitrile fiber production wastewater treatment

Keywords: polyacrylonitrile fiber production wastewater, acrylonitrile, local treatment, bioadsorption, activated carbon, immobilized microorganisms, fluidized bed bioreactor, technological process.

Objective: development of effective power-saving technology of polyacrylonitrile fiber production wastewater treatment.

Research methods: modeling of bioadsorption treatment process in bioreactors of various designs; gas-liquid chromatography; chemical, biochemical and microbiological analysis.

Results obtained and their novelty: The laws of adsorption and destruction processes for individual toxic pollutants of polyacrylonitrile fiber production wastewater (acetonitrile, acrylonitrile, methylacrylate) in a bioadsorption process system «carbon sorbent – microorganisms – toxic compounds» has been investigated for the first time. It has been established, that specific rate of substance destruction by spontaneously developed microorganisms in bioreactor is within 5–40 mg/(g·day) (per mass unit of the sorbent). Bioadsorption removal of toxic organic compounds from wastewater proceeds highly efficiently in the aerobic bioreactor with fluidized bed of activated carbon: wastewater treatment grade of 60 % COD has been achieved with hydraulic time of 1–1,3 h and specific bioadsorber load of 5–6 kg COD/(m³·day) or 74 g COD/(kg·day) (per sorbent mass unit). For the first time, bioadsorption process technological scheme for preliminary polyacrylonitrile fiber production wastewater purification from chemical pollutants has been proposed and substantiated.

Recommendations for use: the developed bioadsorption process technology can be used at petrochemistry enterprises for preliminary wastewater purification from chemical pollution. Implementation of this technology can reduce the amount of toxic pollutants entering biological wastewater treatment facilities, renew a high level of active sludge oxidizing power, increase pollutant load for active sludge, and reduce the required working volume of the aerotank. As the result, treatment quality will stabilize and the amount of energy spent for treatment of wastewater total volume, will be reduced.

Scope of application: local biochemical wastewater treatment from toxic pollutants.

Научное издание

РЫМОВСКАЯ
МАРИЯ ВАСИЛЬЕВНА

ТЕХНОЛОГИЯ БИОСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.23.04 – Водоснабжение, канализация,
строительные системы охраны водных ресурсов

Подписано в печать 11.08.2009.
Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 1,34. Уч.-изд. л. 1,05.
Тираж 60. Заказ 909.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.