

УТВЕРЖДАЮ:



ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук на диссертационную работу Гогонина Александра Владимировича «Консорциум микроводорослей для очистки сточных вод лесопромышленного комплекса», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.6.

Биотехнология

Актуальность темы диссертации. Изготовление целлюлозно-бумажной продукции является одним из самых водоемких производств, которое приводит к образованию большого количества сточных вод, содержащих широкий перечень органических и неорганических поллютантов (нитриты, нитраты, фосфаты, фенолы, различные металлы и пр.). В связи с этим, предприятия лесопромышленного комплекса оказывают значительное негативное воздействие на состояние связанных с ними водных объектов, что, в свою очередь, отражается на экологической обстановке и здоровье населения. Наиболее приемлемым с экологической и экономической точки зрения решением этой проблемы является биологическая очистка производственных сточных вод в азротенках. Однако очень часто возникают ситуации, когда ПДК достигаются не по всему перечню загрязняющих веществ. В таких случаях применяют дополнительную очистку с помощью

различных биологических агентов, например, микроводорослей, которые способны к фотосинтезу и потреблению широкого спектра токсикантов, а также выделению биологически активных веществ, стимулирующих рост бактерий активного ила.

В связи с вышеизложенным, диссертационное исследование Гогонина А.В., посвященное разработке способа очистки сточных вод лесопромышленного комплекса с помощью консорциума микроводорослей, весьма актуально, а цель и задачи, поставленные в нем, соответствуют тенденциям развития современной экологической биотехнологии.

Научная новизна диссертационной работы Гогонина А.В. заключается в том, что впервые изучено влияние монокультур микроводорослей (*Eustigmatos magnus*, *Coelastrum proboscideum*, *Acutodesmus obliquus*, *Chlorella vulgaris*) и их консорциумов в разных сочетаниях на очистку сточной воды лесопромышленного комплекса АО «Монди СЛПК» (г. Сыктывкар) от загрязняющих веществ и доведение показателей воды до норм предельно допустимых концентраций. Автором экспериментально обосновано использование сточной воды вторичных отстойников АО «Монди СЛПК» в качестве питательной среды для культивирования микроводорослей с ее одновременной очисткой от загрязняющих веществ. Кроме того, разработан новый биогеосорбент на основе анальцимсодержащей породы и консорциума микроводорослей, а также установлена эффективность его применения для очистки воды от фенолов. Новизна и оригинальность исследований подтверждена 1 патентом РФ.

Теоретическая и практическая значимость работы. Научно подтверждена возможность использования консорциума микроводорослей в свободной и иммобилизованной форме при определенном титре клеток для очистки сточной воды предприятия лесопромышленного комплекса от основных загрязняющих веществ. Материалы, полученные в процессе исследований, используются при обучении школьников по программе дополнительного образования «Биология с основами биотехнологии» в ГАУ

ДО Республики Коми «Республиканский центр дополнительного образования», Технопарк «Кванториум».

Разработана технология доочистки сточной воды предприятия лесопромышленного комплекса с помощью монокультур микроводорослей и их консорциумов. Предложена технология культивирования микроводорослей на сточной воде с целью ее доочистки и получения питательной биомассы, которую можно использовать в сельском хозяйстве в качестве удобрения или кормовой биодобавки. Эти технологии могут быть внедрены на биологических очистных сооружениях профильных предприятий.

Обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов обусловлена применением адекватных методов исследования и статистическим анализом данных. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на различных научных и научно-практических конференциях. Материалы исследования представлены в 12 публикациях, из которых 3 статьи в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ и реферативные базы РИНЦ, WoS и Scopus, получен 1 патент РФ.

Диссертация Гогонина А.В. построена по общепринятому плану и состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследования, экспериментальных глав согласно основным задачам исследования, заключения по полученным результатам, выводов диссертационного исследования, а также перечня использованной литературы и раздела с приложениями. Работа изложена на 152 страницах, содержит 28 таблиц и иллюстрирована 23 рисунками. Список литературы включает 266 наименований, из них 141 на английском языке.

В главе «**Введение**» обоснована актуальность выбранной темы, представлены цель, задачи, обозначены научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, приведено обоснование достоверности полученных результатов и то, каким образом они были апробированы, указан личный вклад автора и

связь исследования с научными программами, а также объем и структура диссертации и количество печатных материалов, опубликованных по ее теме.

В литературном обзоре (глава 1) достаточно подробно представлено современное состояние проблемы, которой посвящено исследование. Приводится общая характеристика производственных сточных вод, в т.ч. предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Описываются основные методы очистки сточных вод и обосновывается роль микроводорослей как агентов биодеструкции загрязнителей. Приводятся достоинства и недостатки основных питательных сред для их культивирования, а также преимущества использования микроводорослей в иммобилизованном состоянии для очистки сточных вод.

Сведения, описанные в главе 2 **«Материалы и объекты»**, позволяют получить информацию об объектах исследования и методах их изучения.

Результаты собственных исследований автора и их обсуждение изложены в главах 3-7, которые посвящены: подбору наиболее эффективных штаммов микроводорослей для снижения содержания основных загрязняющих веществ в сточных водах АО «Монди СЛПК»; сравнительному анализу эффективности очистки сточной воды от основных поллютантов с помощью монокультур микроводорослей и их консорциумов; изучению возможности использования сточной воды в качестве питательной среды с одновременным накоплением биомассы микроводорослей; оценке эффективности применения монокультуры и консорциума микроводорослей в опытно-промышленных испытаниях для очистки сточной воды АО «Монди СЛПК»; иммобилизации микроводорослей на цеолитовый носитель и использованию их в свободном и закрепленном состоянии для очистки сточной воды от фенолов. В целом, результаты исследования свидетельствуют о большом объеме проделанной работы и отражают решение важной научно-практической задачи очистки производственных сточных вод предприятий лесопромышленного комплекса биологическим методом.

В **заключении** автор обобщает полученные результаты. Диссертация завершается **выводами**, соответствующими поставленной цели и задачам.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Научные положения диссертации соответствуют паспорту специальности 1.5.6 Биотехнология.

В работе даны **рекомендации по использованию результатов исследования.** Разработанный консорциум микроводорослей, состоящий из штаммов *Coelastrum proboscideum* IPPAS C-2055, *Eustigmatos magnus* ВКПМ А1-25 и консорциум микроводорослей, состоящий из штаммов *Acutodesmus obliquus* IPPAS S-2016, *Coelastrum proboscideum* IPPAS C-2055, *Chlorella vulgaris* IPPAS C-2024 рекомендуются для очистки сточной воды предприятий лесопромышленного комплекса от биогенных и органических загрязнителей. Технология их периодического внесения в сточную воду позволит снизить нагрузку загрязняющих веществ на водные экосистемы.

Содержание автореферата в достаточной степени отражает основные положения и выводы диссертационной работы.

Принципиальных замечаний к работе нет. Оценивая, в целом, диссертацию Гогонина А.В. положительно, как научное профессиональное исследование, демонстрирующее разностороннюю подготовку автора, хотелось бы сделать ряд замечаний и задать несколько вопросов:

1. В диссертации присутствуют синтаксические и пунктуационные ошибки, затрудняющие восприятие текста.

2. Имеют место неточности при цитировании литературных источников. На стр. 35 после предложения «Биологическую очистку сточных вод проводят в установке...» указана ссылка № 72 на патент РФ № 2556126 «Питательная среда Люка для культивирования микроводорослей», который не имеет отношения к тексту фразы. Аналогичные примеры можно найти на стр. 38-39, где ссылки №№ 9 и 12 не относятся к данным таблицы 1.6; на стр. 45 ошибочно указана ссылка № 71 при описании состава среды Люка; на стр. 46 при описании биотехнологического потенциала штамма *C. vulgaris* IPPAS C-2

приводится ссылка № 38, которая в списке литературы обозначена как «Методика выполнения измерений рН в водах потенциометрическим методом».

3. Хотелось бы, чтобы в литературном обзоре была более подробно описана работа БОС АО «Монди СЛПК» и приведена их схема.

4. В разделе 2.5 написано, что «Удельную площадь поверхность рассчитывали методом ВЕТ, объем мезопор – методом ВЛН, объем микропор методом Дубинина-Астахова». Что это за методы, почему отсутствуют ссылки на них?

5. Общее замечание к главам 3-7. Описание того, как проводили эксперименты, в т.ч. характеристику минерального носителя и конструирование биогеосорбента следует приводить в главе «Методы и объекты».

6. Стр. 68. «Показано, что при введении культур *Eustigmatos magnus* и *Coelastrum proboscideum* в сточную воду ... снижается содержание общего фосфора (33-84%), общего азота (5-25%), железа (8-25%), алюминия (8-40%) и фенолов (15-50%)». Как были рассчитаны эти показатели? Почему они представлены в виде интервала значений? Аналогичные вопросы возникают и к заключению по главе 3. Почему в нем данные эффективности по каждому показателю и по каждому штамму не входят в интервал значений, указанных на стр. 68? Например, благодаря использованию штаммов *E. magnus* и *C. proboscideum* содержание фосфатов в сточной воде снижается на 33-84% (стр. 68), а в заключении написано, что *C. proboscideum* удаляет $P_{\text{общ}}$ на 21-64%, а *E. magnus* - на 19-78%.

7. Стр. 71. «Содержание железа в сточной воде, отобранной из аэротенков ЦБОСВ АО «Монди СЛПК» было выше в 2,5 раза установленных нормативов (рисунок 4.1)». Какие это нормативы, для сброса в какие водоемы? Они не указаны на рис. 4.1. Сколько железа содержалось в стоках изначально? Эта та же самая вода, которая использовалась в экспериментах по выявлению наиболее эффективных штаммов микроводорослей (табл. 3.1)?

8. Хотелось бы получить информацию о том, в каком соотношении были взяты штаммы при составлении из них консорциумов.

9. Стр. 87. Бактерии каких групп изначально присутствовали в сточной воде? О чем говорит снижение титра аммонификаторов в ходе накопления биомассы микроводорослей?

10. Заключение к главе 6. Неясно, как были рассчитаны показатели эффективности очистки сточной воды.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней. Диссертационная работа Гогонина Александра Владимировича «Консорциум микроводорослей для очистки сточных вод лесопромышленного комплекса» является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлено решение важной научно-практической задачи очистки сточных вод лесопромышленных предприятий от основных загрязняющих веществ биотехнологическим методом с помощью консорциума микроводорослей.

По актуальности избранной темы, объему выполненных исследований, научной новизне полученных результатов и их практической значимости данная работа соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., в редакции постановлений Правительства РФ № 723 от 30.07.2014, № 335 от 21.04.2016 г., № 748 от 02.08.2016 г., № 650 от 29.05.2017 г., № 1024 от 28.08.2017 г., № 1168 от 01.10.2018 г., № 426 от 20.03.2021, № 1539 от 11.09.2021, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата биологических наук, а ее автор, Гогонин Александр Владимирович, заслуживает присуждения искомой степени по специальности 1.5.6. Биотехнология.

Отзыв на диссертационную работу Гогонина А.В. был обсужден и одобрен на заседании Ученого совета Уфимского Института биологии –

обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (УИБ УФИЦ РАН) (протокол № 5 от 04 сентября 2023 г).

Ведущий научный
сотрудник лаборатории биотехнологий
Уфимского Института биологии –
обособленного структурного подразделения
Федерального государственного бюджетного
научного учреждения Уфимского
федерального исследовательского центра
Российской академии наук,
д.б.н.

Коршунова Татьяна Юрьевна

04 сентября 2023 г.

Подпись Коршуновой Т.Ю. заверяю
Главный ученый секретарь УФИЦ РАН, к.э.н.



Фаттахова Р.Х.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук (УФИЦ РАН)
Адрес: 450054, г. Уфа, проспект Октября, 71
Телефон/факс: (347) 235-60-22
E-mail: presid@anrb.ru, presid@ufaras.ru