

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по стратегическому развитию,
науке и инновациям федерального
государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Белгородский
государственный национальный
исследовательский университет»,
кандидат сельскохозяйственных наук
Скрипникова Е.В.
«25» 2026 г

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» о научно-практической ценности диссертации Клементьева Святослава Владимировича на тему: «Биодеструкция компонентов водной фазы гидротермального ожигения биомассы избыточного активного ила», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 1.5.6. Биотехнология

Актуальность темы диссертационного исследования.

Современные биотехнологии направлены на решение многих задач, связанных с деятельностью человека, одна из самых значимых – это сохранение водных ресурсов, в том числе за счет очистки растущих объемов бытовых и промышленных стоков. Увеличение объемов образующихся сточных вод и количества содержащихся в них вредных соединений формулирует насущную задачу повышения эффективности работы существующих очистных сооружений. Однако «побочным» результатом работы биологических очистных сооружений является образование огромного количества избыточного активного ила, который, в свою очередь, требует утилизации. На настоящий момент основным способом утилизации избыточного активного ила является его складирование, что приводит к потере полезных площадей и вызывает вторичное загрязнение окружающей среды, обостряя проблемы экологии. Все это формулирует перед обществом актуальную задачу модернизации работы очистных сооружений для снижения нагрузки на окружающую среду и повышение степени экологической безопасности антропогенной деятельности. В своей работе диссертант предлагает пути решения этой актуальной задачи.

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

Технология гидротермального ожигения осадков сточных вод и избыточного активного ила привлекает внимание исследований в последние годы не только как способ снижения количества складироваемых отходов, но и как технология получения продуктов с добавленной стоимостью. Однако, нерешенным остается вопрос утилизации водной фазы, которая образуется в больших количествах при гидротермальном ожигении активного ила. В своем диссертационном исследовании Клементьев Святослав Владимирович получил новые экспериментальные данные, касающиеся возможности дальнейшей утилизации образующейся водной фракции путем встраивания стадии термального ожигения и возвращения образующейся жидкой фракции в технологический цикл биологических

очистных сооружений. Несмотря на кажущуюся простоту данного предложения, предлагаемая схема потребовала решения многих задач, включая подбор катализатора для процесса гидротермального оживления, выделение микроорганизмов из активного ила, оценку эффективности их работы, установления зависимости биодеструктивной активности микроорганизмов от состава водной фазы, влияние биогенных и абиогенных элементов на процесс очистки. Подобраны условия для возвращения водной фазы в очистные сооружения после ее разбавления. Также изучена способность бактерий-биодеструкторов формировать биопленки при культивировании с жидкой фазой и оценена эффективность процессов детоксикации иммобилизованными микроорганизмами.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Представленные в диссертационном исследовании результаты можно рассматривать с двух позиций: 1. Полученные данные дополняют представления о процессе гидротермального оживления избыточного сточного ила и образующихся в результате этого продуктов с добавленной стоимостью. 2. Отработаны условия очистки образующейся в процессе гидротермального оживления активного ила водной фракции, что позволило диссертанту предложить технологический этап для снижения количеств складированного активного ила. Дополнены имеющиеся в настоящее время данные о процессах обеззараживания водной фракции, количественных подходах для ее возврата в очистные сооружения, получены новые данные о возможности очистки коммунально-бытовых стоков, содержащих водную фракцию гидротермального оживления активного ила. Показано, что микроорганизмы-деструкторы в виде биопленок эффективны для проведения процесса очистки.

Практическая важность результатов выражается в технологических рекомендациях по модернизации технологической схемы биологических очистных сооружений г. Иннополис и подтверждена подписанным актом о намерении внедрения результатов исследования.

Подтверждение опубликованных результатов диссертации в научной печати

Результаты диссертации широко обсуждены на конференциях разного уровня, в том числе международных. Результаты проведенных исследований опубликованы в 16 научных работах: 10 тезисов докладов, 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, и 3 публикациях в журналах, входящих в базы данных Scopus и Web of Science.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные Клементьевым С.В. данные могут быть внедрены в работу очистных сооружений биологической очистки на территории РФ. Результаты исследований рекомендуется использовать в образовательном процессе, при изучении биотехнологических и микробиологических дисциплин. С научной точки зрения, полученные результаты о динамике микробного сообщества очистных сооружений, эффективности микробной деструкции показывают необходимость дальнейшего углубленного изучения этого процесса специалистами биологических направлений подготовки.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации. Содержание автореферата полностью отражает основные идеи и выводы диссертационной работы.

Общая оценка работы. Диссертация Клементьева С.В. построена по традиционному плану и состоит из введения, 7 глав, включая обзор литературы, объектов

и методов исследования, результатов и обсуждения, заключения, списка литературы. Работа изложена на 177 стр. текста, включая 2 приложения, содержит 37 рисунков и 28 таблиц, библиография включает 225 наименований.

Название диссертационной работы «Биодеструкция компонентов водной фазы гидротермального оживления биомассы избыточного 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 проблем функционирования биологических очистных сооружений, в том числе способов удаления избыточного активного ила. В разделе *Объекты и методы исследования* описывается постановка экспериментов, в том числе подготовка использованных объектов исследования. В разделе *Результаты и обсуждение* приведены полученные автором диссертации экспериментальные данные по изучению возможности внедрения этапа гидротермального оживления активного ила в работу очистных сооружений и приводятся расчеты экономической эффективности этого предложения. Для этого автором исследован состав активного ила очистных сооружений, выделены наиболее перспективные микроорганизмы-деструкторы, оценено влияние внесения водной фазы в сточные воды без потери эффективности процесса очистки. Часть результатов посвящена разработке подходов для повышения эффективности процессов доочистки сточных вод. Выводы, приведенные в *Заключении* диссертационной работы, обоснованы и соответствуют поставленным задачам.

При обсуждении диссертации возникли следующие вопросы и замечания:

Все замечания, возникшие в процессе ознакомления с диссертацией, можно разделить на две группы, формальные и по существу.

Замечания по существу:

1) Вопросы.

Какова сущность и механизм гидротермального оживления?

Как Вы понимаете термины гидротермальный синтез и гидротермальное оживление?

Каковы параметры гидротермальных условий?

2) Автор приводит граничные параметры (температура, давление, продолжительность гидротермального оживления), но не приводит зависимостей влияния указанных параметров на состав и свойства продукта. Следовало привести если не оптимальные, то рациональные технологические параметры.

3) Раздел «Введение».

Научная новизна диссертационного исследования предполагает трактовку и описание результатов, что автором раскрыто не в полной мере.

Положения, выносимые на защиту, необходимо конкретизировать, а именно:

- указать, какие ароматические соединения, карбоновые кислоты и азотсодержащие соединения идентифицированы;

Уточнить, какой цеолит использован в биосорбционных системах очистки водной фазы;

Объем диссертационной работы описан неверно, а именно приложения не следует

учитывать в общем объеме диссертации.

4) Автором не всегда правомерно и аккуратно используется общепринятая микробиологическая терминология.

Так, на странице 15 диссертационной работы описывая процесс анаэробной деструкции избыточного активного ила, автор отмечает, что гидролиз осуществляют бактерии вида: *Clostridium*, *Cellulomonas*, *Bacteroides*, *Succinivibrio*, *Prevotella*, *Ruminococcus*, *Fibrobacter*, Firmicutes, *Erwinia*, *Acetovibrio*, *Microbispora*, однако приводит не видовые названия, а названия более высоких рангов. На стр. 32 автор говорит «для культивирования микроводорослей и микроорганизмов.» Микроводоросли разве не являются одной из групп микроорганизмов? Далее противопоставление микроводорослей и микроорганизмов встречается еще несколько раз. Предполагается, что автор под термином «микроорганизмы» подразумевает бактерии.

Сокращения *sp.*, *sp.*, *sp* и *sp.*, используемые диссертантом, следовало бы унифицировать и применить общепринятое «*sp.*»

Стр. 47. Уверен ли автор в правильности использования названия фермента: «...аммониймоноксигеназы...»?

Стр. 117 Вместо «(номер ЕС 1.14.99.39)» следовало бы использовать принятую отечественную систему КФ.

5) На стр. 28 автор отмечает, что «В результате гидролиза большинство полисахаридов, кроме целлюлозы, образуют глюкозу и фруктозу». А на стр. 30 говорится о том, что «целлюлоза и гемицеллюлозы первоначально разлагаются на глюкозу, пентозу и гексозу, которые далее разлагаются...». Эти два утверждения несколько противоречат друг другу. И хотелось бы уточнить, что за гексозу имеет в виду автор.

6) У всех рисунков из обзора литературы хотелось бы видеть ссылки, на основании которых диссертант создал этот иллюстративный материал.

7) Вопросы по методам исследования.

Стр. 54. Как были определены основные физико-химические показатели сырья для гидротермального оживления, представленные автором в таблице 2.1.

Раздел 2.5.1 ЯМР-спектроскопия описан недостаточно подробно.

Раздел 2.6. Получение микроорганизмов-деструкторов также не содержит всю необходимую информацию. Например, автор отмечает, что «производили высеив на агаризованные питательные среды методом предельных разведений [155] с использованием в качестве единственного источника углерода и биогенных элементов компоненты водной фазы.». Какие питательные среды использовались и сколько их было? Состав? Если в качестве единственного источника углерода и биогенных элементов были использованы компоненты водной фазы, то в какой концентрации? «Чистые культуры получали методом истощающего штриха.» тот же вопрос – на какой среде?

Раздел 2.7 Изучение культуральных и физиолого-биохимических свойств изолятов. Хотелось бы понять, как стерилизовались гексозы, пентозы, низшие спирты перед внесением в среду. Еще вопрос связан с выбором субстратов. В обзоре литературы диссертант отмечает, что «основными классами органических соединений в водной фазе являются карбоновые кислоты, спирты, гетероциклические азотосодержащие соединения, кетоны, альдегиды, фенолы и их производные, простые и сложные эфиры, амиды, пиразины и пиримидины». В таком случае, почему микроорганизмы были проверены на способность утилизировать только пентозы, гексозы и низшие спирты? И всегда ли в основной среде

присутствовала глюкоза в данных экспериментах, указанная как компонент основной среды?

Стр. 65. Представленная информация, первые три абзаца до раздела 3.1., относится к методам, а не к результатам исследования. Было бы правильно также указать в разделе методов концентрации использованных катализаторов.

Стр. 90. На данной странице приведены результаты определения возможного ингибирующего влияния выделенных бактерий друг на друга. Однако, в материалах и методах отсутствует информация о технике этого анализа.

8) Вопрос по разделу 3.2 Оценка интегральной токсичности водной фазы с использованием биотестирования. В материалах и методах раздел «2.3.1 Оценка токсичности с использованием *Paramecium caudatum*» сказано, что в лунки вносили от 8 до 15 особей. Каким образом в контроле во всех вариантах получили значение выживших особей, равное 10? При варьировании количества внесенных особей, вероятно, нагляднее было бы указать только процент выживших.

9) Раздел 4.2. начало абзаца «Водную фазу разбавляли дистиллированной...» до слова «результаты» относится к методам и должно было располагаться в Методах исследования. Но по данному эксперименту имеется следующий вопрос. Известно, что для роста микроорганизмы нуждаются в углероде, азоте, фосфоре и др. элементах в определенном количестве. Если в данном эксперименте водную фазу разбавляли дистиллированной водой и использовали как ростовой субстрат, каким образом учитывали влияние концентрации необходимых для роста азота и фосфора?

10) Стр. 98. При описании Рисунка 4.12 необходимо охарактеризовать, чем обусловлены перегибы кривых.

11) В разделе 4.7 Выводы по главе 4 следует конкретизировать преимущества биосорбционной очистки водной фазы.

12) Стр. 104. Утверждение «Штамм *Chlorella* sp. IPPAS C-1210 имел один из самых высоких значений $\mu_{\max}$ и $t_{\text{удв}}$...» не совсем корректно, так как значение $\mu_{\max}$ у данного штамма, действительно, было одним из высоких, а вот время удвоения, напротив, одним из самых низких, что естественно, очень хорошо.

13) Стр. 106. Вопрос: насколько правомерно высказывание «Степень удаления ХПК»? В данном случае ХПК – это показатель, отражающий уровень потребления кислорода. Соответственно данный показатель изменяется вследствие удаления органических соединений, но сам не удаляется.

Рис. 6.1 и 6.6. Ось ординат обозначена как концентрация ХПК. Правильнее было бы использовать слово «показатель». Это же замечание относится и к автореферату.

14) Стр.108. Данные по тексту и на рисунке немного различаются. Так, для штамма *C. minutissima* IPPAS C-123 содержание белка, приведенное на рис. 5.3, составляет 25,7%, а по тексту – 30,7%.

15) Таблица 6.4, столбцы 2,4 и 6. 2-й и 4-й столбцы представляют данные по содержанию ила. По сырой массе и по сухой? Это следовало бы указать в сноске. Столбец 6 представляет прирост сухого вещества и, кроме третьего варианта, концентрация водной фазы 1%, представляет собой разницу показателей четвертого и второго столбца. В данном случае указана величина 0.14 вместо 0.15. Но в любом случае, из данных таблицы следует, что прирост активного ила наблюдается при внесении водной фазы в модельной раствор сточной воды в концентрации только до 1,0 %. Это же подтверждает и значение илового

индекса, который выше при 1,5% по сравнению с 1%

16) Стр. 121. Хотелось бы видеть более глубокий анализ влияния объема водной фазы на микробное разнообразие. Исходя из данных, представленных на рисунке 6.4, можно сделать вывод, что внесение водной фазы в целом действительно влияет на биоразнообразие. Однако если мы рассматриваем данные по внесению разных объемов водной фазы, наблюдается тенденция повышения всех индексов в пределах концентраций 0,5-1,5%. Индекс Шеннона в варианте 1,5% соответствует контролю. И, в целом, нет четкой корреляции между объемом внесенной водной фазы и индексами, скорее речь идет о некоей флуктуации показателей.

17) Таблицы 6.2 и 6.5. из данных для величины ХПК, определенных в данных таблицах, видно, что эти показатели для вариантов 0,5% и 1% сопоставимы, а для варианта 1,5% водной фазы различаются. Чем это можно объяснить?

18) Приложение 2 содержит начальную страницу Акта о намерении внедрения результатов диссертационной работы. Для полноты документации рекомендуется включить в диссертационную работу полный текст Акта.

Формальные замечания.

На стр. 30 перед рисунком 1.5 имеется фактически дублирование текста.

В таблице 4.1 активность ферментов (липаза и т.д.) указана дважды. Это технический сбой или в этом есть какой-то смысл?

Стр. 63. В случае использования сокращений желательно сначала приводить полное название, потом сокращение, и далее его использовать. «АСБ» - абсолютно сухая биомасса? Хотя надо отдать должное автору – в Список сокращений внесены все сокращения, использованные в тексте.

На рис. 4.5 и 4.6 не отмечены буквами части рисунка, хотя в подрисуночной подписи они указаны.

В тексте присутствует некоторое количество синтаксических и пунктуационных ошибок, например, на страницах 8, 10, 28, 40, 41, 43, 47, 64, 81, 90, 91.

Обратите внимание на частое использование связки «было ...». В большинстве случаев она создает пассивную конструкцию и «оттягивает» смысл на себя. Предлагается убрать её для усиления динамики текста (9, 47, 77, 101, 108, 112, 113, 120, 122, 125 и далее).

Заданные вопросы являются уточняющими, а высказанные 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 и безусловно заслуживает положительной оценки.

Заключение

Диссертация Клементьева Святослава Владимировича на тему: «Биодеструкция компонентов водной фазы гидротермального оживления биомассы избыточного активного ила» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной для биотехнологии задачи, касающейся модификации существующего технологического процесса очистки сточных вод, направленной на решение проблемы удаления избыточного активного ила путем включения в технологический цикл этапа гидротермального оживления избыточного активного ила и повторного включения образующейся водной фракции в цикл очистки, имеющее важное значение для дальнейшего совершенствования работы биологических станций очистки сточных вод на

территории РФ. Диссертация соответствует п. 7 «Разработка новых технологических процессов на основе микробиологического синтеза, биотрансформации, биокатализа, иммуносорбции, биодеструкции, биоокисления и создание систем биокомпостирования различных отходов, очистки техногенных отходов (сточных вод, газовых выбросов и др.), создание замкнутых технологических схем микробиологического производства, последние с учетом вопросов по охране окружающей среды» Паспорта научной специальности 1.5.6. Биотехнология (технические науки).

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

* Актуальность рассматриваемых вопросов, новизна, достоверность, обоснованность научных положений, научно-практическая значимость полученных результатов свидетельствуют о том, что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Клементьев С.В. заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология.

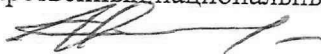
Отзыв рассмотрен и одобрен на совместном заседании кафедры биотехнологии и микробиологии, кафедры общей химии и регионального микробиологического центра института фармации, химии и биологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (протокол № 12 от 17.08.2026).

Отзыв подготовили:

Соляникова Инна Петровна

доктор биологических наук (03.00.04 – Биохимия),

директор регионального микробиологического центра, профессор кафедры биотехнологии и микробиологии института фармации, химии и биологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

 Соляникова Инна Петровна

Везенцев Александр Иванович

доктор технических наук (05.17.11 – Технология керамических, силикатных и тугоплавких неметаллических материалов),

профессор, профессор кафедры общей химии института фармации, химии и биологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»



Везенцев Александр Иванович

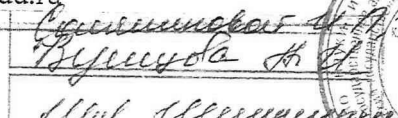
Полное название организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»)

Почтовый адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85

Контактные телефоны: +7 (4722)30-12-11

E-mail: info@bsu.edu.ru

личную подпись
удостоверяю
Специалист отдела
кадрового обеспечения
Управления
организационного и
кадрового обеспечения



25 08 2026

Вход. № 05-9119
« 08 » 09 2026 г.
подпись 