

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Щеглова Глеба Андреевича
«Разработка технологии очистки сточных вод горнодобывающих предприятий от неорганических соединений азота в условиях северных широт России», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15. Экология (технические науки)

Актуальность диссертационного исследования определяется необходимостью решения проблемы загрязнения водных объектов неорганическими соединениями азота, поступающими со сточными водами горнодобывающих предприятий. Особую остроту эта проблема приобретает в Арктической зоне Российской Федерации, где процессы самоочищения водоемов замедлены, а действующие биологические методы очистки демонстрируют недостаточную эффективность в условиях низких температур. Представленная работа направлена на совершенствование технологий очистки с использованием микроводоросли *Chlorella vulgaris*, стимулированной электромагнитным излучением, что определяет ее высокую значимость для горнопромышленного комплекса северных территорий.

Научная новизна исследования заключается в установлении резонансной частоты электромагнитного излучения крайне высоких частот (40 ГГц), обеспечивающей интенсификацию культивирования биомассы *Chlorella vulgaris*. Принципиально важным результатом является экспериментальное обоснование технологического приема предварительного выращивания водоросли на безазотной среде, что существенно повышает ее утилизационную способность по отношению к нитратам и аммоний при пониженных температурах, характерных для северных регионов. Автором впервые показана возможность эффективного роста *Chlorella vulgaris* непосредственно на сточных водах хвостохранилища, что открывает перспективы для создания замкнутых биотехнологических циклов очистки в условиях Крайнего Севера.

На защиту автором выносятся ряд положений, обладающих научной новизной и практической значимостью:

1. Способ стимуляции роста микроводоросли *Chlorella vulgaris* с применением ЭМИ КВЧ на частоте 40 ГГц при экспозиции 120 минут, обеспечивающий увеличение скорости прироста биомассы в 6,8 раза.
2. Экспериментально подтвержденная способность *Chlorella vulgaris* к эффективному росту на сточных водах хвостохранилища с накоплением биомассы до 5,6 мг/л за 14 суток.
3. Обоснование метода биологической очистки с использованием культуры, подготовленной на безазотной среде, обеспечивающего снижение концентрации нитрат-ионов на 96% и аммоний-ионов на 93%.

4. Способ повышения эффективности биоремедиации путем предварительного облучения культуры ЭМИ КВЧ в загрязненной среде, обеспечивающий увеличение прироста биомассы на 15% и повышение скорости утилизации аммония и нитратов на 10% и 4% соответственно.

Несомненный интерес представляют результаты экспериментов, демонстрирующие, что культура *Chlorella vulgaris*, выращенная в условиях азотного голодания, начинает утилизировать аммоний при температуре 1–7°C, тогда как культура, выращенная на стандартной среде Тамия, в этих условиях не проявляет очистительной активности. Данное наблюдение имеет фундаментальное значение для понимания механизмов адаптации микроводорослей к стрессовым условиям и открывает возможности для направленного регулирования их метаболической активности в технологических целях.

Практическая значимость работы подтверждена актами внедрения на горнодобывающих предприятиях (ООО «Ловозерский ГОК») и в системе водоканала (ГОАП «Мурманскводоканал»). Результаты исследования использованы при актуализации информационно-технического справочника ИТС 8-2022, что свидетельствует о востребованности разработанных технологических решений на отраслевом уровне. Выполненные автором эколого-экономические расчеты показывают высокую эффективность предлагаемой технологии: срок окупаемости капитальных вложений составляет 2,7 года при годовом чистом экономическом эффекте 75,6 млн рублей. Созданная база данных загрязнения водных объектов Арктического региона (свидетельство № 2025625718) имеет самостоятельную научно-практическую ценность.

Достоверность полученных результатов обеспечена применением стандартизированных методик анализа, статистической обработкой экспериментальных данных, воспроизводимостью результатов в многократных сериях экспериментов. Основные положения диссертации апробированы на 7 научно-технических конференциях, включая международные, и опубликованы в 12 печатных работах, из которых 5 статей – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК по специальности 1.5.15 Экология.

В качестве дискуссионного момента следует отметить, что при обосновании технологической эффективности предложенных решений автором не в полной мере раскрыты вопросы масштабирования лабораторных результатов на промышленный уровень, включая оценку стабильности очистительной способности культуры *C. vulgaris* при длительной эксплуатации в условиях переменных температур и гидравлических нагрузок. Указанное замечание не снижает общей высокой оценки диссертационной работы и может рассматриваться как направление для дальнейших исследований.

В целом, диссертация Щеглова Глеба Андреевича на тему: «Разработка технологии очистки сточных вод горнодобывающих предприятий от неорганических соединений азота в условиях северных широт России» отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а её автор, Щеглов Глеб Андреевич, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15. Экология (технические науки).

Зав. отделом горной экологии

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института проблем комплексного освоения недр им. акад. Н.В. Мельникова

Российской академии наук

профессор, доктор технических наук

И.В. Шадрюнова

Подпись И.В. Шадрюновой удостоверяю:

Ученый секретарь Федерального государственного учреждения науки

Института проблем комплексного освоения недр им. акад. Н.В. Мельникова

Российской академии наук

профессор, доктор технических наук

«19» марта 2026 г.



С.С. Кубрин

111020, Российская Федерация, г. Москва, Крюковский тупик, д. 4

Тел.: 8(495) 360-89-69; e-mail: shadrinova_@mail.ru