ОТЗЫВ

На автореферат диссертации **Кузьмина Дениса Владимировича** по теме: “Разработка платформы по получению биологически активных соединений из фотосинтезирующих микроорганизмов”, представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология.

Проблема поиска альтернативных источников энергии становится все более актуальной на фоне истощения легкоизвлекаемых запасов углеводородного сырья. Производство биотоплива третьего поколения, основанное на использовании микроводорослей, представляет собой перспективное направление, которое может стать одним из решений энергетических и экологических проблем. Производительность микроводорослей со средним содержанием липидов - основным источником углерода, может достигать 95 тыс. литров с гектара в год при выращивании в открытых водоемах. Удельная энергетическая ценность водорослей (930 МВт*ч/ га) в 15,5 раз больше, чем у самой энергонасыщенной масличной культуры (китайское сальное дерево). Однако, несмотря на видимые преимущества микроводорослей как источника энергии и сырья для химической промышленности, существует ряд серьезных ограничений и вызовов, требующих пристального внимания.

Ключевой задачей развития технологии биотоплива третьего поколения является поиск и отбор новых штаммов микроводорослей с высокой продуктивностью биомассы и качественными липидами. Это сложный и трудоемкий процесс, требующий значительных временных и финансовых затрат. При этом необходимо учитывать не только продуктивные характеристики штаммов, но и их устойчивость к различным стрессовым факторам, способность к массовому культивированию и экономическую целесообразность производства.

Внедрение современных методов синтетической биологии и информационных технологий в биотехнологическую отрасль действительно может ускорить изучение новых штаммов-продуцентов. Однако стоит отметить, что эти технологии сами по себе находятся в стадии развития и требуют значительных инвестиций в исследования и разработку. Кроме того, существует проблема масштабирования лабораторных достижений до промышленного уровня, что часто становится камнем преткновения в подобных проектах.

Представленная диссертационная работа Кузьмина Д.В. посвящена актуальному направлению современной биотехнологии – разработке инновационных подходов к получению биологически активных соединений из микроводорослей и их практическому применению.

Хотелось бы отметить, что представленные Кузьминым Д.В. результаты исследований фототрофных микроорганизмов получены из различных географических регионов (Россия, Вьетнам, Индонезия). Среди них выявлен перспективный продуцент липидов - *Bracteacoccus bullatus* MZ-Ch11. Для данного штамма проведена оценка изменений накопления биомассы, содержания липидов, триглицеридов и состава жирных кислот в условиях отсутствии фосфатов

и/или нитратов. Объемная продуктивность липидов штамма *Bracteacoccus bullatus* MZ-Ch11 составила 80 мг/л/день, что является одним из самых больших значений, описанных в литературе при выращивании в панельном фотобиореакторе закрытого типа. В тоже время, автору необходимо учитывать, что подобные показатели требуют подтверждения в условиях промышленного производства, где часто наблюдаются существенные отклонения от лабораторных результатов.

Оптимизация методов выделения и количественной оценки фукоксантина и жирных кислот представляет собой значительный вклад в развитие биотехнологического производства. Фукоксантин, являясь ценным антиоксидантом, находит широкое применение в фармацевтической и косметической промышленности. Разработанные методы позволяют эффективно выделять данное соединение из биомассы микроводорослей, что напрямую влияет на экономическую целесообразность производства. Помимо этого, данные методы обеспечивают точное содержание фукоксантина, что критически важно для контроля качества продукции.

Особое внимание заслуживает демонстрация оригинальных методов выделения и очистки токсина криптофицина-1 из биомассы цианобактерий. Криптофицин представляет собой биологически активное соединение с потенциальным применением в медицине, в частности, как противоопухолевое средство. Разработанные методы выделения и очистки данного токсина имеют важное значение для дальнейшего изучения его свойств и возможного практического применения. Также важно подчеркнуть, что оптимизация методов выделения и очистки биологически активных соединений критически важна для любого биотехнологического процесса. Это не только повышает экономическую эффективность производства, но и обеспечивает безопасность конечного продукта. Таким образом, разработанные методы могут найти широкое применение в различных сферах: от фармацевтической промышленности до научных исследований.

Глава 4 «Изучение возможности использования биомассы выделенных штаммов фотосинтезирующих микроорганизмов в аквакультуре» демонстрирует потенциал микроводорослей в качестве компонентов кормов. Положительное влияние экспериментальных кормов на основе биомассы Vischeria magna SBV108 и Mallomonas furtiva SBV13 на ростовые характеристики и химический состав мяса рыб является важным результатом. Однако отсутствие детального экономического анализа вызывает сомнения в практической применимости данного подхода. В работе необходимо было бы учитывать не только стоимость производства биомассы, но и потенциальные риски, связанные с накоплением токсинов и других нежелательных компонентов в кормах.

Особого внимания заслуживает вопрос устойчивости производственных процессов. При массовом культивировании микроводорослей сказывается влияние сезонных изменений, климатических условий и возможных патологических воздействий на культуру. Это требует

разработки комплексных систем мониторинга и контроля, способных оперативно реагировать на изменения параметров выращивания.

Технологические аспекты масштабирования также требуют тщательного рассмотрения. Переход от лабораторных условий к промышленному производству часто сопровождается существенными изменениями в продуктивности штаммов и качестве получаемого продукта. Автору в связи с этим рекомендовано разработать оптимальные протоколы масштабирования, учитывающие специфику культивирования микроводорослей и особенности конкретного продуцента.

Важным аспектом является также оценка жизненного цикла производства биотоплива третьего поколения. Необходимо провести сравнительный анализ экологических показателей данного вида топлива с традиционными источниками энергии, учитывая все этапы производства: от выращивания микроводорослей до утилизации отходов. В контексте аквакультуры необходимо было бы провести более детальное исследование влияния экспериментальных кормов на качество продукции и безопасность конечного потребителя. Особое внимание следует уделить анализу накопления потенциально опасных веществ в тканях рыб и оценке долгосрочных последствий использования новых кормовых компонентов.

Платформенное решение, разработанное автором диссертации, имеет значительный потенциал для дальнейшего развития. В целом автореферат полностью отражает содержание опубликованных диссертантом статей и является полноценным научным исследованием, решающим важную народно-хозяйственную задачу.

Представленные в автореферате результаты позволяют сделать вывод о том, что диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям согласно п. 9-14 “Положения о порядке присуждении ученых степеней”, утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Кузьмин Денис Владимирович достоин присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология.

Заведующий кафедрой физической и коллоидной
химии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,
профессор, доктор химических наук _____ Винокуров В.А.

03.04.2025

Винокуров Владимир Арнольдович, доктор химических наук
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», 119991, Москва, Ленинский проспект, д. 65, корп. 1
тел: +7(499) 507-86-92 (раб.)
факс: +7(499) 507-88-77
com@gubkin.ru

РГУ нефти и газа (НИУ)
имени И.М. Губкина
Начальник отдела кадров
Ю.В. Ширяев