

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Павловой Ольги Николаевны
«Микробные сообщества осадочных отложений озера Байкал в районах разгрузки углеводородов».
представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности
1.5.11. – Микробиология.

Представленная работа посвящена изучению микробных сообществ донных осадков озера Байкал в районах разгрузки нефте- и газонасыщенных флюидов, их разнообразия, метаболизма и роли в процессах образования и окисления углеводородов. В исследовании поставлен широкий круг задач, включающий поиск и характеристику термофильных микроорганизмов, воспроизведение условий зоны генерации углеводородов, изучение процессов биodeградации нефти как в психрофильных, так и в термофильных условиях, а также выделение микроорганизмов с потенциалом практического применения.

Цель работы сформулирована четко и отражает комплексный характер исследования: автор стремился раскрыть механизмы участия микроорганизмов в биогеохимических процессах, связанных с углеводородами, в уникальной пресноводной экосистеме Байкала.

Поставленные задачи решены полно и последовательно. Так, в первой задаче проведен поиск термофильных прокариот в низкотемпературных осадках и показано, что их поступление связано с глубинными флюидными потоками. Это важный результат, поскольку ранее присутствие жизнеспособных термофилов в подобных условиях не было подтверждено. Были выделены и охарактеризованы чистые культуры термофильных факультативно-анаэробных микроорганизмов рода *Thermicanus* sp. (PB15/Grf7geo) и рода *Thermaerobacter* sp. PB12/4term (VKM В-3151), исследован их метаболизм. Изолят *Thermicanus* sp. может быть отнесен к новому виду этого рода. Примечательно, что штамм *Thermaerobacter* sp. PB12/4term продемонстрировал необычный метаболизм, закрепленный в геноме, что расширяет представления о возможных путях энергообеспечения термофилов.

Согласно второй задаче были воспроизведены параметры тектонически активной зоны (80 °C, 5 МПа) и показано, что микробные сообщества способны к трансформации органического вещества с образованием компонентов нефти (дибензотиофены, три- и моноароматические стероиды, ретен и гаммацерен). Это направление исключительно важно, так как экспериментально подтверждает роль микроорганизмов в формировании нефтяных биомаркеров. В частности, образование ретена в результате деструкции биомассы диатомовых водорослей микробными сообществами осадочной толщи впервые подтверждено экспериментально, что корректирует традиционное представление о его происхождении и значении для палеоклиматических реконструкций.

Третья и четвертая задачи касаются процессов деградации углеводородов. В работе представлены новые штаммы-деструкторы нефти, относящиеся к родам *Rhodococcus* и *Pseudomonas*, способные к синтезу биосурфактантов. Для них показано наличие генов *alk*, ответственных за деградацию широкого спектра *n*-алканов. Особый интерес представляет практическая часть работы: доказано, что применение протатранов стимулирует рост углеводородокисляющих бактерий *Rhodococcus erythropolis* при низких температурах, что открывает возможности для создания экологически безопасных технологий очистки окружающей среды в случае загрязнения их нефтью или нефтепродуктами.

Впервые получены данные о роли анаэробных микробных сообществ в процессах биodeградации нефти в осадочной толще пресноводной и глубоководной экосистемы, а также оценена их функциональная активность в психрофильных и термофильных условиях. В анаэробных условиях осадочной толщи происходят сложные синтрофные взаимодействия, обеспечивающие биodeградацию как *n*-алканов, так и полициклических ароматических углеводородов. Впервые

продемонстрирована активная деградация нефти в пресноводной глубинной системе: до 65 % в анаэробных психрофильных условиях, и до 89 % в термофильных. Эти данные убедительно подтверждены как экспериментальными данными, так и результатами метагеномного анализа, выявившего ключевые гены и микроорганизмы-участники процессов. Показано, что в донных осадках озера Байкал микробные сообщества разлагают нефть с образованием метана и этана, что объясняет наличие углеводородного газа даже вне термогенной зоны. Этот процесс аналогичен микробной генерации газа в нефтяных резервуарах.

Пятая задача, связанная с оценкой разнообразия микробных сообществ, решена с применением метабаркодинга и метагеномики. Установлено, что в районах разгрузки углеводородов поступающие флюиды формируют уникальные микробные ассоциации, включая представителей «редкой биосферы». Наблюдаемый эффект соответствует механизму геологической микробной петли жизнеспособных прокариот, циркулирующих из глубинной осадочной толщи и обратно, аналогично Мировому океану. Это позволяет лучше понять роль глубинных флюидов в поддержании редкой биосферы в озере Байкал и открывает новые перспективы в изучении микробного разнообразия, его эволюции и биогеохимической роли.

Научная новизна работы заключается в ряде принципиально новых результатов. Впервые подтверждено присутствие жизнеспособных термофильных микроорганизмов в холодных осадках Байкала, выделены уникальные штаммы, один из которых, вероятно, представляет новый вид. Экспериментально показано образование нефтяных углеводородных компонентов из биомассы диатомовых водорослей, что пересматривает интерпретацию биомаркеров в геологии. Доказана возможность интенсивной биodeградации нефти в пресноводной системе, тогда как ранее подобные данные в основном получали на примере морских акваторий.

Заключение и выводы работы демонстрируют, что автор выполнил все поставленные задачи и обосновал их экспериментальными и геномными данными. Отдельно стоит подчеркнуть интегративный подход: использованы методы выделения чистых культур, культивирования в моделируемых условиях, метагеномика, анализ биомаркеров и функциональных генов. Такой комплексный анализ позволил проследить полный цикл — от источников поступления микроорганизмов и их метаболических особенностей до роли в трансформации углеводородов и генерации газа.

Практическая значимость работы выражается в двух аспектах. Во-первых, показана возможность использования выделенных углеводородокисляющих микроорганизмов для разработки технологий биоремедиации. Во-вторых, результаты исследования помогают корректнее интерпретировать геохимические свидетельства прошлого, основанные на биомаркерах нефти из донных осадков. Таким образом, результаты исследования имеют как фундаментальное, так и прикладное значение.

Работа отличается актуальностью, новизной и высоким уровнем исполнения. Автору удалось комплексно подойти к исследованию уникальной экосистемы, выявить новые закономерности и подтвердить их современными методами. В тексте прослеживается логическая структура: от постановки целей до формулировки выводов. Полученные результаты убедительно аргументированы, сопровождаются экспериментальными данными и сопоставлением с мировыми исследованиями.

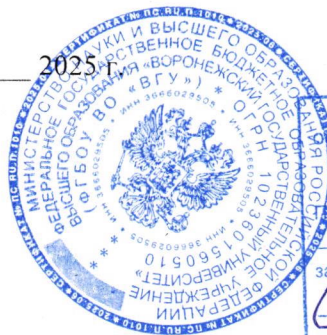
Представленная диссертация является завершенным самостоятельным исследованием, содержащим существенные научные результаты, обладающие как теоретической значимостью, так и практическим потенциалом. Работа вносит значимый вклад в развитие микробной экологии, геомикробиологии и биотехнологии, а также расширяет понимание роли микроорганизмов в биогеохимических циклах углеводородов.

В заключение следует отметить, что диссертации Павловой Ольги Николаевны «Микробные сообщества осадочных отложений озера Байкал в районах разгрузки углеводов», соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям согласно пп. 9-11, 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями на 16.10.2024 г.). Автор работы, О.Н. Павлова, может быть с полным основанием рекомендована к присуждению ученой степени **доктора биологических наук** по специальности **1.5.11. Микробиология**.

Я, Грабович Маргарита Юрьевна, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела О.Н. Павловой.

Грабович Маргарита Юрьевна
доктор биологических наук, профессор, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Воронежский государственный
университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»), медико-биологический факультет
394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
+7 (473) 220-75-21, <http://www.vsu.ru/>
margarita_grabov@mail.ru

« 25 » 09



М.П.

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)	
подпись	Грабович М.Ю.
завещаю	вед. специалист
подпись, расшифровка подписи	Ср. Сидельникова 25.09.25