

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.

Озеро Байкал, расположенное в зоне активного рифта, характеризуется разгрузкой минерализованных газосодержащих флюидов, естественными выходами нефти и залежами газовых гидратов. Выходы углеводородов приурочены к разрывным нарушениям, имеющим глубокие корни, активность которых во многом связана с сейсмической активностью Байкальской впадины. Очевидно, что с разгрузкой углеводородов могут действовать те же механизмы, что и в океане, обеспечивающие поступление микроорганизмов, в том числе термофильных, из зоны миграции углеводородов в поверхностные осадки. Изучение этих процессов в уникальном, самом глубоком озере, мировом хранилище пресной воды, представляется важным и актуальным.

Целью выполненной О.Н. Павловой научно-исследовательской работы является – изучение разнообразия, метаболизма и роли микроорганизмов осадочных отложений оз. Байкал в районах разгрузки нефте- и газонасыщенных флюидов в процессах образования и окисления углеводородов. Исходя из цели работы, были определены и конкретные задачи исследований.

Отбор проб донных осадков О.Н. Павловой проводился за многолетний период в 2006-2022 гг. в фоновых районах: Южный Байкал, Академический хребет, Северный Байкал; а также: метановый сип Посольская Банка, грязевой вулкан Кукуй, нефте-метановый сип Горевой Утес, метановый сип Голоустное, грязевой вулкан Хобой, нефте-метановый сип Зеленсип, грязевой вулкан Кедр, грязевой вулкан Маленький, горячие источники Котельниковский, Хакусский, Змеиный и Давшинский. Автором выполненной работы использовались современные микробиологические, физико-химические, микроскопические и молекулярно-биологические методы исследований: для получения анаэробных термофильных накопительных культур; для определения субстратов, используемых в анаэробных хемолитотрофных условиях; для гетеротрофного роста в анаэробных условиях; для изучения функциональной роли микробных сообществ в анаэробных процессах окисления нефти; убыль *n*-алканов и полициклических ароматических углеводородов; способность микроорганизмов к синтезу биоПАВ; инкубирование образцов ДО в термобарических условиях в камерах высокого давления, разработанных автором и сотрудниками Института неорганической химии СО РАН. Молекулярные методы исследований включали: выделение суммарной ДНК из образцов донных отложений, накопительных и чистых культур; детекцию генов окисления *n*-алканов у чистых культур аэробных углеводородокисляющих микроорганизмов; секвенирование; обработку метагеномных данных; первичную фильтрацию ошибок в полученных массивах парно-концевых чтений; кластеризацию последовательностей в операционные таксономические единицы; сравнения разнообразия сообществ нативных ДО и накопительных культур на уровне филума и рода; визуализацию полученных результатов. Все данные, полученные автором с помощью молекулярно-биологических методов, депонированы в NCBI GenBank. Ресурсоемкие операции

выполнены с использованием высокопроизводительного кластера «Академик В.М. Матросов» ЦКП «Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН».

Автором проведенной работы О.Н. Павловой самостоятельно и в комплексе с лимнологами других профилей проведены многолетние исследования в районах естественных нефтепроявлений в оз. Байкал. Результатом явилось выделение в чистые культуры более 100 микроорганизмов-деструкторов нефти, обладающих генами аэробного окисления *n*-алканов и образующих поверхностно-активные вещества. Впервые с использованием штамма *Rhodococcus erythropolis* предложено применение биостимуляторов роста углеводородокисляющих бактерий. При использовании протатранов в микроконцентрациях скорость роста *Rhodococcus erythropolis* увеличивалась в 2-16 раз при низкой положительной температуре (+10°C), характерной для почв северных регионов, а также для арктических морей и оз. Байкал.

Полученные автором результаты показали научную новизну и теоретическую значимость выполненной работы: впервые подтверждено присутствие жизнеспособных термофильных микроорганизмов в низкотемпературных осадках оз. Байкал в районах разгрузки углеводородов. Выделены и охарактеризованы чистые культуры термофильных факультативно-анаэробных бактерий рода *Thermaerobacter* sp. и рода *Thermicanus* sp., который может быть отнесен к новому виду этого рода. Поступление термофильных микроорганизмов осуществляется с потоками флюидов из глубинной осадочной толщи. Впервые, при воспроизведении условий, характерных для зоны генерации углеводородов (80°C, 5 Мпа), в серии экспериментов с донными осадками оз. Байкал установлена способность микробных сообществ осуществлять преобразование органического вещества (биомассы диатомовых водорослей) с образованием дибензотиофенов, три- и моноароматических стероидов, ретена и гаммацерена. Участие микроорганизмов в образовании ретена предполагалось ранее, но экспериментально подтверждено О.Н. Павловой впервые. Впервые автором работы оценена функциональная активность микробных сообществ в процессах анаэробного окисления нефти в психрофильных и термофильных условиях. Экспериментально показано образование углеводородных газов (метана и этана) в процессе анаэробной деградации нефти. Установлено, что степень биodeградации углеводородов нефти достигает 65 % в психрофильных условиях и 89 % в термофильных. Выявлены основные участники окисления нефти в донных осадках оз. Байкал. Впервые показано, что реконструированные геномы бактерий и архей содержат функциональные гены активации углеводородов путем анаэробного гидроксирования, присоединения фумарана и деароматизации, а также гены, катализирующие метаболизм промежуточных ароматических соединений и отвечающие за синтрофные превращения углеводородов.

В целом, полученные О.Н. Павловой результаты выполненных исследований представляют новые знания о разнообразии, метаболизме и функциональной роли микроорганизмов осадочной толщи в районах разгрузки углеводородов в процессах их окисления и образования, а также конкретную практическую значимость: проведено депонирование культур микроорганизмов во Всероссийской коллекции микроорганизмов и получен патент на изобретение.

Результаты выполненной работы О.Н. Павлова докладывала ежегодно на Международных, Всероссийских научных и научно-практических Микробиологических Конгрессах и Конференциях, ей опубликовано 65 печатных работ, Главу в монографии, содержащие полученные результаты, она является соавтором 1-го патента. Личный вклад автора заключается

в непосредственном участии во всех этапах исследований: постановке научных задач и в отборе образцов в экспедициях, их обработке, анализе полученных результатов, написании статей и докладов. Заключение и сделанные выводы соответствуют поставленным цели и задачам.

Диссертационная работа Павловой Ольги Николаевны «Микробные сообщества осадочных отложений озера Байкал в районах разгрузки углеводородов», является завершенной научной работой и полностью отвечает требованиям пп. 9–11, 13–14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. с изменениями и дополнениями в редакции № 62 от 25.01.2024), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Павлова Ольга Николаевна достойна присуждения искомой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.11. – Микробиология.

Я, Дрюккер Валентин Валерьянович, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела О.Н. Павловой.

Дрюккер Валентин Валерьянович

доктор биологических наук, профессор

главный научный сотрудник лаборатории водной микробиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Лимнологического института Сибирского отделения Российской академии наук (ЛИН СО РАН)

660033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, д. 3, <http://www.lin.irk.ru>, тел. 8(3952) 426504

e-mail: drucker@lin.irk.ru; тел. 8(3952) 425415

доктор биологических наук, профессор

Дрюккер Валентин Валерьянович

Подпись д.б.н., проф. Дрюккера В.В. заверяю

Ученый секретарь Федерального государственного

бюджетного учреждения науки Лимнологического института

Сибирского отделения Российской академии наук

кандидат биологических наук



Максимова Наталья Васильевна

24.09.2025 г.