

ОТЗЫВ
на автореферат на соискание ученой степени
кандидата биологических наук Пыркина Владислава Олеговича
на тему: «Разнообразие и распространение углеводород-окисляющих
бактерий в Арктических морях»
по специальности 1.5.11. микробиология

Арктические моря привлекают научное и практическое внимание в связи с интенсивным освоением шельфовых углеводородных месторождений. По имеющимся оценкам, на регион западно-арктических морей приходится около 85% начальных суммарных ресурсов углеводородов России. В Печорском море уже ведётся промышленная добыча нефти, и риск техногенных загрязнений здесь реален и постоянен. Между тем низкие температуры и специфические световые условия Арктики существенно замедляют абиотические процессы самоочищения морских экосистем, делая микробную деструкцию первостепенным механизмом утилизации нефтяных загрязнений.

Автором сформулировано шесть защищаемых положений, каждое из которых обеспечено надлежащей экспериментальной основой.

Первое положение – об отсутствии таксонов-индикаторов хронического нефтяного загрязнения в природных образцах воды и осадков – подкреплено профилированием 43 образцов методом NGS-секвенирования V4 16S рРНК. Выявленный коровый микробиом обоих морей не содержит облигатных углеводород-окисляющих бактерий (УВОБ) и родственных *Rhodococcus* актиномицетов в детектируемых концентрациях. Однако следует учитывать принципиальное ограничение метода: порог детекции при NGS-профилировании не позволяет выявить таксоны с долей менее 0,1–0,01%, что оговорено в тексте автореферата.

Второе и третье положения, касающиеся различий в составе накопительных культур УВОБ из двух морей и перечня ключевых таксонов-деструкторов, обоснованы статистически: однофакторный дисперсионный анализ с порогом $p < 0,05$, FDR $< 0,01$ позволил выделить роды, достоверно

реагирующие на присутствие углеводородных субстратов. Серия последовательных пересевов (не менее двух) обеспечивала обогащение истинных УВОБ. Тем не менее следует отметить, что само по себе возрастание относительного обилия таксона в накопительной культуре не является строгим доказательством его УВ-окисляющей активности – оно может быть следствием косвенных трофических взаимодействий, что автор корректно указывает при интерпретации результатов по Баренцеву морю.

Четвёртое положение – о наличии у УВОБ обеих морей, включая некультивируемые формы, генетического потенциала для деградации широкого спектра углеводородов – подкреплено метагеномным секвенированием семи накопительных культур, и поиском в них функциональных генов.

Пятое и шестое положения, связанные с описанием нового вида с предварительным названием "*Salinibacterium pechorense*" и биотехнологическим потенциалом выделенных штаммов, опираются на полногеномное секвенирование, расчёт метрик ANI, AAI, dDDH, а также на 30-суточные эксперименты по биодеградации сырой нефти с ГЖХ/МС-детекцией. Пороговые значения видоразграничения по ANI (< 95%) и dDDH (27% у штамма SB с типовым видом *S. amurskyense*) свидетельствуют о принадлежности штамма SB к новому виду. Показательно, что "*S. pechorense*" продемонстрировал деградацию 48% *n*-алканов и способность окислять стераны – активность, ранее для рода *Salinibacterium* не описанную.

Несмотря на очевидную экологическую значимость проблемы, сведения о таксономическом составе, генетическом потенциале и практической активности УВОБ именно в российской части арктических морей оставались фрагментарными. Большинство имеющихся работ охватывало либо другие регионы Арктики, либо отдельные группы микроорганизмов без комплексного анализа. Работа Пыркина В.О. восполняет этот пробел, предлагая первое широкомасштабное и методически разнообразное исследование УВОБ в Баренцевом и Печорском морях. Это делает тему

диссертации актуальной как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения – в контексте разработки микробных препаратов для биоремедиации нефтяных разливов в арктических условиях.

Достоверность полученных результатов обеспечивается рядом взаимодополняющих факторов. Во-первых, работа основана на репрезентативной выборке: образцы отбирались в ходе трёх экспедиций (ТТР-19, ТТР-20 в Баренцево море и ИС "Картеш" в Печорское море в 2020 и 2021 гг.) с привлечением стандартизированных пробоотборных устройств (батометр Нискина, гравитационные трубки, дночерпатель). Во-вторых, все молекулярно-биологические анализы проводились в двух параллельных повторностях при наличии отрицательных контролей. В-третьих, для ключевых утверждений применялись независимые методы верификации: NGS-профилирование дополнялось метагеномным секвенированием, а геномные предсказания – прямыми биохимическими экспериментами. В-четвёртых, использование современных биоинформатических инструментов (DADA2/SILVA 138, GTDBtk, OrthoFinder, CANT-HYD) и общепринятых видовых порогов соответствует актуальному уровню методологических требований в области микробной экологии и систематики. Результаты работы согласуются с данными литературы там, где пересечение возможно, а новые находки (гены УВ-окисления у *Psychromonas*, *Falsihalocynthiibacter*, *Rhodoglobus*) не противоречат физиологическим характеристикам этих родов.

Диссертация содержит ряд результатов, обладающих научной новизной. Впервые выполнено масштабное профилирование прокариотного разнообразия российской части Баренцева и Печорского морей методом высокопроизводительного секвенирования с охватом принципиально различных по антропогенной нагрузке районов. Впервые установлен контраст в природе микробных сообществ, развивающихся в присутствии углеводов в двух морях: доминирование фитопланктон-ассоциированных бактерий в Баренцевом море против классических нефтедеструкторов – в Печорском.

Принципиально новым является обнаружение генов окисления углеводов у *Psychromonas* sp., *Falsihalocynthiibacter arcticus* и *Rhodoglobus* sp., а также у ряда некультивируемых таксонов (JAGPUQ01, JANEGP01, Rs1, IMCC2047), что расширяет представления о таксономическом разнообразии морских УВОБ. Описание нового вида "*S. pechorensis*" и первое экспериментальное подтверждение деградации стеранов бактериями рода *Salinibacterium* представляют несомненный интерес как для фундаментальной микробиологии, так и для прикладной геохимии органического вещества. Совокупность полученных данных создаёт основу для разработки критериев биоиндикации нефтяных загрязнений в арктических морях и конструирования микробных консорциумов для биоремедиации.

В работе показано, что в накопительных культурах из Баренцева моря доминируют бактерии, ассоциированные с цветением фитопланктона, который, по всей видимости, служит природным источником углеводов в этой акватории. В условиях современного потепления Арктики характер, сроки и видовой состав фитопланктонных цветений в Баренцевом море меняются. В связи с этим к автору работы возникает вопрос: могут ли эти изменения повлиять на состав и активность сообщества УВОБ — и не создаёт ли это дополнительную неопределённость при оценке потенциала биоремедиации в сценариях нефтяных разливов в будущем?

Вместе с тем, указанные замечания и вопросы не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.5.11. микробиология (по биологическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой

степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Пыркин Владислав Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.11. микробиология.

ФИО: Попова Марина Борисовна

кандидат биологических наук

Специальность по которой защищена диссертация: 1.5.15. Экология

Научный сотрудник лаборатории радиохимии окружающей среды,
ФГБУН Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт
геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской
академии наук (ГЕОХИ РАН)

Адрес: 119991, г. Москва, ул. Косыгина, д.19

Контактный телефон: e-mail:

Попова М.Б.

12.05.2026

Подпись Поповой М.Б. заверяю