

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу Узун Марии Михайловны «Изучение разнообразия и эволюции некультивируемых магнитотактических бактерий», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальностям 1.5.11 – «Микробиология» и 1.5.6 – «Биотехнология».**

Работа Узун Марии Михайловны посвящена изучению разнообразия и эволюции некультивируемых видов магнитотактических бактерий (МТБ). МТБ представляют собой гетерогенную группу водных микроорганизмов, объединенных способностью ориентироваться во внешнем магнитном поле благодаря наличию в их клетках магнетосом - наноразмерных кристаллов магнетита или грейгита, покрытых липопротеиновой мембраной. За последние годы были достигнуты успехи в изучении разнообразия представителей этой группы микроорганизмов, а также механизмов биоминерализации магнетосом. Тем не менее, многие вопросы еще остаются неизученными. Так, механизмы регуляции синтеза магнетосом не определены до конца, а также остаются открытыми вопросы возникновения и эволюции магнитотактических бактерий. Изучение видового разнообразия и увеличение числа известных представителей магнитотактических бактерий, принадлежащих к новым таксономическим группам, помогло бы в решении вышепредставленных вопросов. В связи с этим, работу Узун М.М. следует признать актуальной на сегодняшний день.

В ходе исследования автор уделил значительное внимание расширению разнообразия магнитотактических бактерий, используя подходы сравнительной и функциональной геномики. Кроме того, было проведено изучение происхождения и эволюции генов синтеза магнетосом. Результатом работы является разработанный метод диагностики геномов магнитотактических бактерий в открытых базах данных, существенное расширение разнообразия магнитотактических бактерий и описание четырех

новых видов-кандидатов. Также был обнаружен первый случай межфилумного переноса магнетосомных генов.

Представленная работа, кроме фундаментального, также имеет практическое значение. Полученные в этой работе геномы могут быть использованы для анализа метаболических путей с целью получения еще не выделенных чистых культур – продуцентов магнетосом. Реконструированные магнетосомные генные кластеры могут быть использованы для создания продуцентов магнетосом в синтетической биологии. Детекция межфилумного переноса генов синтеза магнетосом может стать основой для работ по переносу магнетосомного генного кластера в немагнитотактических бактерий.

В связи со всем вышесказанным, новизна и практическая значимость работы не вызывают сомнений.

Целью работы было исследование разнообразия и эволюции магнитотактических бактерий с использованием подходов сравнительной и функциональной геномики. В задачи входил поиск геномов магнитотактических бактерий в открытых геномных и метагеномных базах данных, а также исследования их разнообразия в двух природных источниках.

Диссертационная работа Узун М.М. изложена на 155 страницах машинописного текста. Она состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, которая включает в себя описание использованных материалов и методов, полученные результаты и их обсуждение, заключения и выводов. Работа содержит 32 рисунка, 5 таблиц, приложения с дополнительными таблицами, список цитируемой литературы из 245 наименований, из которых 9 - на русском и 236 - на английском языках.

Во **введении** автор обозначает существующие научные проблемы в области изучения магнитотактических бактерий, актуализирует их дальнейшее исследование, ставит цели и задачи, а также обосновывает необходимость их выполнения.

В **обзоре литературы** автором проведен анализ большей части известных работ в изучаемой области, а также обобщены современные представления о магнитотактических бактериях, включая их филогенетическое, морфологическое и биогеографическое разнообразие. Автор уделяет внимание исследованию этапов биоминерализации магнетосом и генов, связанных с этим процессом, а также организации магнетосомных генных кластеров у МТБ разных филогенетических групп. Также автором были рассмотрены представления об эволюции генов синтеза магнетосом и существующие на сегодняшний день свидетельства о происхождении МТБ, о горизонтальном и вертикальном наследовании специфических генов. В целом, данный анализ литературных данных очень убедительно аргументирует актуальность и целесообразность постановки вопросов, предложенных в диссертационной работе.

В главе **«Материалы и методы»** описаны объекты и методы, используемые в работе. Автором были исследованы геномы и метагеномы, задепонированные в открытые базы данных NCBI и IMG, а также магнитотактические бактерии из болотной почвы Дурыкинского оврага и донных осадков озера Белое Бордуковское (Московская область). Используемые методы адекватны поставленным задачам. В работе были использованы традиционные и современные методы и подходы микробиологии и молекулярной биологии. Сепарация МТБ проводилась методом «МТВ-CoSe», разработанным в лаборатории соискателя. Полученные результаты молекулярного анализа подвергались биоинформатической и статистической обработке, что обуславливает достоверность полученной информации.

В третьей главе диссертации автором представлены **результаты и обсуждение** исследований, которые вносят значительный вклад в понимание разнообразия магнитотактических бактерий. Автор получил суммарно 43 новых генома, расширив тем самым имевшиеся данные. Мария Михайловна

также обнаружила гены синтеза магнетосом у бактерий, относящихся к филумам *Elusimicrobiota*, *Hydrogenedentota*, *Nitrospinota*, а также *man* гены у МТБ филума *Thermodesulfobacteriota*. Автором был проведен анализ наследования магнетосомных генов у МТБ филумов *Nitrospirota* и *Thermodesulfobacteriota*, который выявил первый известный случай межфилумного горизонтального переноса генов синтеза магнетосом. Кроме того, автором были получены геномы магнитотактических бактерий из микрокосма болотной почвы, принадлежащие к филуму *Elusimicrobiota*, что дополнило геномы МТБ, полученные из открытых баз данных. На основании анализа геномных данных автор предсказывает детекцию новых генов, участвующих в биоминерализации магнетосом, а также новый для МТБ способ передвижения. Таким образом, работа характеризуется существенной научной новизной.

В **Заключении** финализируются основные достижения и результаты проделанной работы.

**Выводы** строго соответствуют цели и задачам. Они являются логическим исходом теоретической и практической работы автора.

Следует отметить, что исследования были выполнены на высоком научно-методическом уровне, что позволило автору получить значимые научные результаты. Автор использовал комплексные методы и провел анализ полученных данных, благодаря чему удалось опубликовать научные статьи в международных журналах первого квартала. Таким образом, полученные результаты обоснованы и достоверны.

По работе есть следующие вопросы и замечания:

1. Какие факторы окружающей среды влияют на формирование грейгитовых и магнетитовых магнетосом?
2. Возможно ли рассмотреть отдельно эволюцию магнетосомных генных кластеров, отвечающих за синтез магнетитовых и грейгитовых магнетосом?

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспортам специальностей 1.5.11 – «Микробиология» и 1.5.6 – «Биотехнология» (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, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Узун Мария Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальностям 1.5.11 – «Микробиология» и 1.5.6 – «Биотехнология».

Официальный оппонент:

Доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии почв Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова  
Степанов Алексей Львович

04.05.2023

тел.: 8(495)939-24-58; e-mail: stepanov

Специальности, по которой официальным оппонентом

защищена диссертация: 03.02.03 – Микробиология; 03.02.13 – Почвоведение

Адрес места работы: 119234, г. Москва, Ленинские Горы 1, стр. 12. МГУ

имени М.В. Ломоносова, Факультет почвоведения, Кафедра биологии почв

Тел.: +7 (495) 939-29-47; e-mail: soil.msu@mail.ru