

## ОТЗЫВ

на диссертационную работу СЛОБОДКИНОЙ Галины Борисовны «Новые термофильные анаэробные прокариоты, использующие соединения азота, серы и железа в энергетическом метаболизме», представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.03 – микробиология

Представленная в виде диссертации работа Г.Б. Слободкиной посвящена крайне важному и интересному вопросу: получению новых сведений о разнообразии прокариот, использующих в качестве энергетических субстратов неорганические соединения азота, серы и железа. Более того, основным объектом изучения Г.Б. Слободкина избрала наиболее экстремальную в человеческом понимании группу – термофильных анаэробов. Эту группу в последние десятилетия микробиологи изучают с особым вниманием, так как получение новых знаний о ней позволяет развить представления о генезисе жизни в древних жарких бескислородных условиях, а также о расселении анаэробных форм в термальные местообитания при наличии кислородной атмосферы. Более того, изучение группы термофильных анаэробных прокариот имеет несомненно важную прикладную составляющую: они могут быть использованы и как ресурсы термостабильных ферментов, и в биотехнологиях, в том числе – для объектов представленной диссертационной работы – в биотехнологиях, связанных с преобразованием неорганических соединений. Судя по датам публикации представленных научных работ (с 2005 г.) и по приведенным в ее диссертации сведениям, Г.Б. Слободкина проводила свои основные исследования по теме более 10 лет, что делает ее диссертационную работу важным и достаточно полным исследованием для получения ценных выводов в области микробиологии анаэробных прокариот. Таким образом, тема диссертационной работы важна и актуальна, проведенные исследования имеют несомненную научную и практическую ценность.

Диссертация Г.Б. Слободкиной состоит из введения, обзора литературы (2 главы), экспериментальной части, в которую включена 1 методическая глава и 3 главы собственно результатов исследования, а также заключения, выводов и списка использованной литературы. В целом диссертация содержит 256 страниц, в число которых входят основной текст, 31 рисунок и 25 таблиц, а также библиографический список использованной литературы. Список ссылок насчитывает 547 цитируемых работ, из них 57 на русском языке.

Первая глава обзора литературы уделяет основное внимание истории изучения анаэробных термофилов и их таксономическому разнообразию на сегодняшний день, а также основ-

ному ценологическому распределению. Вторая глава посвящена процессам трансформации соединений азота, серы и железа указанными микроорганизмами. В целом обзор литературы, учитывая широту поставленных задач и обилие рассмотренных источников, выполнен в довольно сжатом и концентрированном стиле, но позволил диссертанту выявить основные стоящие проблемы и сформулировать – на основе анализа большого объема информации – цель и задачи работы. Приведенные в обзоре литературы сведения обосновывают важность проведенных Г.Б. Слободкиной исследований не только для расширения спектра известных термофильных анаэробных прокариот, но и для мониторинга биогеохимических циклов азота, серы и железа. В целом обзор литературы логически приводит к цели представленной диссертационной работы.

Цель и задачи работы очевидны из обзора существующих литературных данных и логически ему следуют, хотя и предшествуют ему в тексте диссертации в ее вводной части. Целью диссертационной работы является сопоставительный анализ и описание ранее неизвестного разнообразия термофильных прокариот, использующих соединения азота, серы и железа в энергетическом метаболизме. Достижение указанной цели осуществлено путем решения четырех отдельных задач.

Основные пробы для изучения были отобраны в нескольких географически и геохимически различных регионах, что представляется обоснованным и логичным. В ходе выполнения диссертационной работы Г.Б. Слободкина проводила экспериментальные исследования, включавшие все этапы от получения первичных накопительных культур до выделения чистых культур, идентификации, филогенетического анализа и изучения физиологических и метаболических свойств новых изолятов. Разнообразие примененных и использованных диссертантом методов свидетельствует о высоком уровне подготовленности Г.Б. Слободкиной как микробиолога, работающего в областях таксономии, физиологии и биогеохимии анаэробных прокариот.

Научная значимость обширного материала, представленного Г.Б. Слободкиной в диссертационной работе, не вызывает ни малейших сомнений. Ею выделены и описаны 12 новых родов термофильных и гипертермофильных бактерий и архей, что само по себе является весьма значительным вкладом в развитие микробиологии. Вместе с этим ценность полученных результатов не ограничивается выделением и описанием новых видов и родов из экстремальных местообитаний: выполненные Г.Б. Слободкиной исследования безусловно ценны описанием

новых физиологических и биогеохимических процессов. Так, крайне интересен обнаруженный диссертантом новый, ранее неизвестный процесс: диссимиляционная аммонификация нитрата с использованием элементарной серы в качестве донора электронов. Г.Б. Слободкиной также показана способность бактерий двух филумов к анаэробному окислению соединений серы. Продемонстрированные автором ранее неизвестные микробиологические / биогеохимические процессы трансформации неорганических соединений представляют перспективные для изучения и биотехнологического применения новые направления. В целом полученные диссертантом сведения весьма существенны для развития представлений о разнообразии и стратегии термофильных анаэробных прокариот.

Отдельный интерес вызывают полученные диссертантом данные, связанные с механизмами восстановления Fe(III), которые в настоящее время окончательно не определены. В научной литературе есть публикации с обозначением биологических маркеров биогеохимических процессов, так, предложены маркеры для окисления Fe(II) (Floyd et al. Metabolic processes preserved as biosignatures in iron-oxidizing microorganisms: implications for biosignature detection on Mars. *Astrobiology*. 2018. doi: 10.1089/ast.2017.1745 [Epub ahead of print]). Считается, что ключевую роль в восстановлении Fe(III) играют мультигемовые цитохромы с, расположенные с внешней стороны цитоплазмы. Проведенный автором поиск генов таких белков у новых железоредукторов выявил их наличие во всех геномах.

В качестве замечаний можно отметить мелкие технические опечатки и стилистически неудачные формулировки или обороты. Опечатки сводятся в основном к пропущенным буквам, например, пропуск буквы -ю- в названии главы 2.2.1 в оглавлении; на с. 105 и далее при написании «Срединно-Атлантического Хребта» слово «хребта» представлено с прописной буквы. Пример неудачной формулировки: в 3-м выводе избыточная констатация того, что автотрофные микроорганизмы могут служить первичными продуцентами органического вещества. Все эти мелкие замечания относятся только к оформлению диссертации и не снижают общей оценки большой проделанной работы, не умаляют значимости полученных результатов и разработанных и вынесенных на защиту новых положений, а также не касаются содержания выводов, сформулированных в диссертации.

В качестве вопроса или пожелания – было бы интересно увидеть в обсуждении мнение автора о том, как трактуется наличие у нового описанного микроорганизма *Pyrobaculum*

*rireducens* генов, обеспечивающих пути фиксации углекислого газа, при отсутствии способности вида (типового штамма) к автотрофному росту.

Полученные новые данные, представленные в диссертационной работе, целесообразно использовать в учебных курсах по микробиологии, экологии, биогеохимии в ВУЗах страны, имеющих биологические или естественно-научные факультеты, а также в научно-исследовательских микробиологических институтах, в том числе входящих в состав Федеральных исследовательских центров РАН.

В целом диссертация изложена ясным и логичным языком. Выводы диссертации соответствуют поставленным задачам исследования. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Основное содержание диссертационной работы представлено в 23 научных статьях автора, опубликованных в профессиональных изданиях с мировым статусом.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Слободкиной Галины Борисовны на тему «Новые термофильные анаэробные прокариоты, использующие соединения азота, серы и железа в энергетическом метаболизме» является завершённой, самостоятельно выполненной квалификационной научно-исследовательской работой, имеющей теоретическое и практическое значение для современной микробиологии. По актуальности, новизне, научной и практической значимости рассмотренная диссертационная работа соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии (пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, в ред. от 28.08.2017 г.), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Г.Б. Слободкина заслуживает присуждения искомой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.03 – микробиология.

Зам. директора ИБФМ РАН  
д.б.н., проф.

М.Б. Вайнштейн

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН» (ИБФМ РАН)  
проспект Науки, д.5, г. Пущино, 142290 Россия  
Тел./факс: +7 (495) 9563370, e-mail: vain@ibpm.pushchino.ru



Подпись: *М.Б. Вайнштейн*  
Зав. канцелярией  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Биохимии и физиологии микроорганизмов  
им. Г.К. Скрябина Российской академии наук

*Г.В. Салашина*  
29.10.2018 г.