

## ОТЗЫВ

**На автореферат диссертационной работы Аниферова Дмитрия Викторовича на тему: «Выделение из кислых шахтных отходов и культивирование сульфатредуцирующих бактерий, перспективных для образования сульфидов металлов», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.03 – микробиология**

Биогенный сероводород, продуцируемый рядом микроорганизмов в процессе диссимиляционной сульфатредукции, играет важную роль в связывании металлов в сульфидах с низкой растворимостью. Использование сульфатредуцирующих бактерий весьма перспективно для разработки технологий биологической очистки содержащих металлы стоков и биоремедиации загрязненных экосистем. Вместе с тем, и сами сульфиды металлов в форме наноразмерных кристаллических частиц, получаемых в настоящее время дорогостоящими физико-химическими методами, находят все большее применение в различных отраслях промышленности. В этой связи актуальным также становится изучение биотехнологического потенциала сульфидогенов как производителей наноразмерных кристаллических сульфидов металлов. Диссертационная работа Д.В. Аниферова, посвященная поиску и характеристике ацидофильных/толерантных сульфатредуцирующих бактерий, устойчивых к металлам и способных приводить к их связыванию в полезные кристаллические сульфиды, представляет собой пример исследования, объединяющего оба указанных биотехнологических направления.

Целью работы являлось выделение новых сульфатредуцирующих бактерий, устойчивых к металлам и низким рН, и изучение стимулируемого ими образования сульфидов металлов для разработки основ технологии получения кристаллов последних. Выбор направления исследования четко аргументирован автором, поставленные задачи полностью соответствуют цели работы.

По данным автореферата, диссертационная работа изложена на 135 страницах и состоит из введения, обзора литературы, методической части, результатов и их обсуждения, заключения, выводов и списка использованных источников. Автором представлен обширный научноемкий материал, подразумевающий большой объем разносторонних экспериментальных работ от физико-химической характеристики использованных проб отходов добычи металлов, получения накопительных и выделения чистых культур бактерий до изучения механизма устойчивости новых изолятов, анализа геномных последовательностей и проверки образования кристаллических сульфидов металлов при периодическом и непрерывном культивировании сульфатредукторов.

Из трех накопительных культур на основе проб отходов добычи полиметаллических руд месторождения Шерловая гора (Забайкалье) диссертант выделил 4 штамма новых ацидофильных и ацидоллерантных сульфатредуцирующих бактерий, отнесенных к родам *Desulfovibrio* и *Desulfovibriosimilis*. Использование нового подхода, сочетающего создание временного градиента рН в биореакторе и молекулярный мониторинг состава сообщества микроорганизмов, позволило автору выделить из одной накопительной культуры два штамма ацидоллерантных сульфатредукторов рода *Desulfovibrio*, доминирующими при различных значениях рН среды. Для новых изолятов частично исследованы механизмы защиты от токсического действия кислорода, тяжелых металлов и низких значений рН, в том числе с привлечением биоинформатических методов (анализ геномной последовательности одного из новых штаммов *Desulfovibrio*).

Одним из очевидных успехов биотехнологической части работы является продемонстрированная диссертантом возможность культивирования ацидофильного представителя рода *Desulfovibriosimilis* в непрерывном режиме, достигнутая благодаря бинарной культуре с ацидоллерантным штаммом рода *Desulfovibrio*. Исключительный научно-практический интерес представляет проведенное исследование образования образование биогенных микро- и макрокристаллов сульфидов меди и кобальта (ярровита, халькоцита,

линнеита, кобальтпентландита и др.) с использованием периодических и непрерывных культур сульфатредуцирующих бактерий. При варьировании условий культивирования автором получены осадки сульфидов металлов разного минералогического состава, что может стать основой для разработки метода целенаправленного дизайна кристаллических сульфидов металлов в промышленных целях.

Все вышеизложенное свидетельствует, что диссертант успешно справился с поставленными задачами. Диссертационная работа Д.В. Анциферова производит впечатление целенаправленного, тщательно спланированного, основательного и результативного исследования. Объем полученных экспериментальных данных достаточно велик, а достоверность, новизна и практическая значимость полученных результатов не вызывают сомнений. Использованные методы современны, адекватны задачам работы и отражают высокую квалификацию автора. Научные положения и выводы, сформулированные в автореферате диссертации, содержат главные результаты проделанной работы и представляются вполне обоснованными.

Основные научные результаты диссертации изложены в 8 публикациях, в том числе в 4 статьях в международных рецензируемых журналах, рекомендованных для публикации ВАК РФ. Материалы работы также апробированы на 4 конференциях российского и международного уровня.

В числе замечаний хотелось бы отметить не совсем понятную логику выбора изолята *Desulfovibrio sp. DV* для анализа геномной последовательности на предмет генов устойчивости к металлам, а также наличие ряда мелких недочетов в оформлении текста и демонстрационного материала автореферата: 1) на филогенетических деревьях отсутствуют указания типовых штаммов; 2) для более наглядного сравнения количеств цитохромов *c* и *bd*-типов у исследуемых штаммов более целесообразно было бы представить для них количественный график, включающий референсный штамм *Desulfovibrio vulgaris Hildenborough*; 3) в тексте встречаются опечатки, латинские названия семейств и классов не выделены курсивом. Тем не менее, данные замечания никоим образом не умаляют достоинств объемной, интересной и актуальной диссертационной работы Д.В. Анциферова.

В целом диссертационная работа Анциферова Дмитрия Викторовича «Выделение из кислых шахтных отходов и культивирование сульфатредуцирующих бактерий, перспективных для образования сульфидов металлов» соответствует критериям, установленным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.03 – Микробиология.

Заведующий лабораторией радиоактивных изотопов  
доктор биологических наук, профессор

эл. почта: [trotsenko@ibpm.pushchino.ru](mailto:trotsenko@ibpm.pushchino.ru)

Старший научный сотрудник  
лаборатории радиоактивных изотопов  
кандидат биологических наук

эл. почта: [maria.torgonskaya@gmail.com](mailto:maria.torgonskaya@gmail.com)

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
науки Институт биохимии и физиологии микроорганизмов  
им. Г.К. Скрябина РАН (ИБФМ РАН),  
142290, Российская Федерация, Московская область,  
г. Пущино, пр. Науки 5  
раб. тел.: +7(495) 625-74-48, факс: +7(495) 956-33-70

Троценко  
Юрий  
Александрович

Торгонская  
Мария  
Леонидовна

12.02.2018

