Аттестационное дело № _____
дата защиты 09 ноября 2023 г., протокол № 12

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.233.02 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, на соискание ученой степени кандидата наук на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» по диссертации Заварзиной Дарьи Георгиевны «Трансформация минералов железа анаэробными бактериями содовых озер» на соискание ученой степени доктора биологических наук.

Решение диссертационного совета от 09 ноября 2023 г. №12 о присуждении Заварзиной Дарье Георгиевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора биологических наук

Диссертация **Заварзиной Дарьи Георгиевны «Трансформация минералов железа анаэробными бактериями содовых озер»** по специальности – 1.5.11. – Микробиология принята к защите 20 июля 2023 г. протокол № 7 диссертационным советом 24.1.233.02 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук», 119071, Москва, Ленинский проспект, д. 33, стр. 2. Совет утвержден Министерством образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) приказом № 205/нк от 16.03.2017 г. (с учетом переименования Совета от 03.06.2021 г. №561/нк, с учетом изменений в составе Совета в соответствии с приказом Минобрнауки России от 12.10.2022 г. №1162/нк).

Соискатель Заварзина Дарья Георгиевна, 1975 года рождения, гражданка РФ, в 1997 г. с отличием окончила ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности геохимия. В период 1997-2000 гг. проходила обучение в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Геологический факультет. В 2001 г. Заварзиной Д.Г. была присуждена ученая степень кандидата геолого-минералогических наук по результатам защиты кандидатской диссертации «Биогеохимические факторы преобразования соединений железа в восстановительной обстановке» по специальности 25.00.09. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых. В 2005 г. Заварзина Д.Г. переведена в Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, в настоящий момент является старшим научным сотрудником лаборатории метаболизма экстремофильных прокариот Института микробиологии им. С.Н. Виноградского ФИЦ Биотехнологии РАН.

Диссертационная работа Заварзиной Дарьи Георгиевны «Трансформация минералов железа анаэробными бактериями содовых озер» выполнена в лаборатории метаболизма экстремофильных прокариот Института микробиологии им. С.Н. Виноградского ФИЦ Биотехнологии РАН.

Научный консультант – д.б.н., чл.-корр. РАН Е.А. Бонч-Осмоловская, зав. отделом биологии экстремофильных микроорганизмов Федерального государственного учреждения

«Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук».

Официальные оппоненты: доктор биологических наук Грабович Маргарита Юрьевна, профессор кафедры биохимии и физиологии клетки Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет»; доктор биологических наук Земская Тамара Ивановна, главный научный сотрудник лаборатории микробиологии углеводородов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Лимнологический институт СО РАН, и доктор геолого-минералогических наук Савенко Виталий Савельевич, профессор кафедры гидрологии суши географического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», дали положительные отзывы.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук – в своем положительном заключении указала, что фундаментально значимая диссертационная работа Заварзиной Д.Г. «Трансформация минералов железа анаэробными бактериями содовых озер» является завершенной самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, развивающей представление о филогении и таксономии анаэробных алкалофильных бактерий, а также функциональной активности их в отношении железосодержащих минералов. В работе решена проблема получения штаммов анаэробных алкалофильных бактерий, принадлежащих к новым таксонам, обнаружены ранее неизвестные пути анаэробного диссимиляционного окисления минералов железа. Диссертационная работа соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а сама автор, Заварзина Д.Г., заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.11. – Микробиология.

Выбор официальных оппонентов обусловлен тем, что они являются признанными специалистами в области микробиологии и минералогии. Так, доктор биологических наук Грабович Маргарита Юрьевна известна своими исследованиями в области физиологии, таксономии и биохимии микроорганизмов, в частности бактерий восстановительной и окислительной ветви цикла серы. Доктор биологических наук Земская Тамара Ивановна является специалистом в области микробиологии природных сообществ, в частности присутствующих в воде и донных отложениях Байкала, содержащих Fe/Mn конкреции, и доктор геолого-минералогических наук Савенко Виталий Савельевич – признанный специалист в области минералогии и геохимии. Квалификация оппонентов подтверждается наличием большого числа публикаций в цитируемых российских и зарубежных журналах. Выбор ведущей организации связан с тем, что в учреждении проводятся исследования в области таксономии и филогении микроорганизмов, что также подтверждается наличием соответствующих публикаций. Высокая квалификация оппонентов и ведущей организации позволяет объективно оценить научную и практическую ценность диссертационной работы.

Основные результаты диссертационной работы изложены в 21 статье в рецензируемых научных изданиях, которые удовлетворяют требованиям п. 11 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842:

1. Zhilina T.N., Zavarzina D.G., Kuever J., Lysenko A.M., Zavarzin G.A. *Desulfonatronum cooperativum* sp. nov., a novel hydrogenotrophic, alkaliphilic, sulfate-reducing bacterium, from a syntrophic culture growing on acetate // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2005. 55(3): 1001-1006.
2. Жилина Т.Н., Заварзина Д.Г., Колганова Т.В., Турова Т.П., Заварзин Г.А. *Candidatus* "Contubernalis alkalaceticum" – облигатно синтрофная алкалофильная бактерия, анаэробно окисляющая ацетат в бинарной культуре с *Desulfonatronum cooperativum* // Микробиология. 2005. 74(6): 800–809.
3. Заварзина Д.Г., Колганова Т.В., Булыгина Е.С., Кострикина Н.А., Турова Т.П., Заварзин Г.А. *Geoalkalibacter ferrihydriticus* gen. nov., sp. nov., первый алкалофильный представитель семейства *Geobacteraceae*, выделенный из содового озера // Микробиология. 2006. Т. 75(6): 775–785.
4. Жилина Т.Н., Заварзина Д.Г., Осипов Г.А., Кострикина Н.А., Турова Т.П. *Natronincola ferrireducens* sp. nov. и *Natronincola peptidovorans* sp. nov. – новые анаэробные алкалофильные пептолитические и железоредуцирующие бактерии из содовых озер // Микробиология. 2009. 78(4): 506–518.
5. Жилина Т.Н., Заварзина Д.Г., Колганова Т.В., Лысенко А.М., Турова Т.П. *Alkaliphilus peptidofermentans* sp. nov., новая алкалофильная бактерия из содового озера, сбраживающая пептиды и восстанавливающая Fe(III) // Микробиология. 2009. 78(4): 496–505.
6. Zavarzina D.G., Tourova T.P., Kolganova T.V., Boulygina E.S., Zhilina T.N. Description of *Anaerobacillus alkalilacustre* gen. nov., sp. nov. – strictly anaerobic diazotrophic Bacillus isolated from soda lake and transfer of *Bacillus arseniciselenatis*, *Bacillus macyae*, and *Bacillus alkalidiazotrophicus* to *Anaerobacillus* as the new combinations *A. arseniciselenatis* comb. nov., *A. macyae* comb. nov., and *A. alkalidiazotrophicu*s comb. nov // Microbiology. 2009. 78 (6): 723-731.
7. Чистякова Н.И., Русаков В.С., Назарова К.А., Шапкин А.А., Жилина Т.Н., Заварзина Д.Г. Исследования процессов образования минералов железа диссимиляторной алкалофильной бактерией *Geoalkalibacter ferrihydriticus* методами Мёссбауэровской спектроскопии // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2010. 74(3): 433–437.
8. Zhilina T.N., Zavarzina D.G., Panteleeva A.N., Osipov G.A., Kostrikina N.A., Tourova T.P., Zavarzin G.A. *Fuchsiella alkaliacetigena* gen. nov., sp. nov., an alkaliphilic, lithoautotrophic homoacetogen from a soda lake // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2012. 62: 1666-1673.
9. Заварзина Д.Г., Кевбрин В.В., Жилина Т.Н., Чистякова Н.И., Шапкин А.В., Заварзин Г.А. Восстановление синтезированного ферригидрита бинарной анаэробной культурой *Anaerobacillus alkalilacustris* и *Geoalkalibacter ferrihydriticus* при росте на манните, pH 9.5 // Микробиология. 2011. 80(6): 731–746.
10. Шапкин А.А., Чистякова Н.И., Русаков В.С., Жилина Т.Н., Заварзина Д.Г. Мёссбауэровские исследования процесса бактериального восстановления железа в природных биотите и глауконите // Известия РАН. Серия физическая. 2013. 77(6): 812–817.
11. Zhilina T.N., Zavarzina D.G., Detkova E.N., Patutina E.O., Kuznetsov B.B. *Fuchsiella ferrireducens* sp. nov., a novel haloalkaliphilic, lithoautotrophic homoacetogen capable of iron reduction, and emendation of the description of the genus *Fuchsiella* // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2015. 65: 2432-2440.

12. Shapkin A.A., Chistyakova N.I., Zavarzina D.G., Zhilina T.N., Rusakov V.S. Mössbauer study of microbial synthesis of iron-containing nanoparticles // Solid State Phenomena. 2015. 233–234: 766–770.
13. Zavarzina D.G., Chistyakova N.I., Shapkin A.V., Savenko A.V., Zhilina T.N., Kevbrin V.V., Alekseeva T.V., Mardanov A.V., Gavrilov S.N., Bychkov A.Yu. Oxidative biotransformation of biotite and glauconite by alkaliphilic anaerobes: The effect of Fe oxidation on the weathering of phyllosilicates // Chem. Geol. 2016. 439: 98–109.
14. Чистякова Н.И., Антонова А.В., Грачева М.А., Шапкин А.А., Заварзина Д.Г., Жилина Т.Н., Русаков В.С. Мёссбауэровские исследования процессов восстановления синтезированного ферригидрита алкалофильной бактерией *Fuchsiella ferrireducens* // Известия РАН. Серия физическая. 2017. 81(7): 989–995.
15. Gracheva M.A., Chistyakova N.I., Antonova A.V., Rusakov V.S., Zhilina T.N., Zavarzina D.G. Mössbauer study of iron minerals transformations by *Fuchsiella ferrireducens* // Hyperfine Interact. 2017. 238(1). article 84.
16. Заварзина Д.Г., Гаврилов С.Н., Жилина Т.Н. Прямое восстановление Fe(III) из синтезированного ферригидрита галоалкалофильными литотрофными сульфидогенами // Микробиология. 2018. 87(2): 114–124.
17. Zavarzina D.G., Kochetkova T.V., Chistyakova N.I., Gracheva M.A., Antonova A.V., Merkel A.Yu., Perevalova A.A., Chernov M.C., Koksharov Yu.A., Bonch-Osmolovskaya E.A., Gavrilov S.N., Bychkov A.Yu. Siderite-based anaerobic iron cycle driven by autotrophic thermophilic microbial consortium // Sci. Rep. 2020. 10. article 21661.
18. Zavarzina D.G., Gavrilov S.N., Chistyakova N.I., Antonova A.V., Gracheva M.A., Merkel A.Y., Perevalova A.A., Chernov M.S., Zhilina T.N., Bychkov A.Y., Bonch-Osmolovskaya E.A. Syntrophic growth of alkaliphilic anaerobes controlled by ferric and ferrous minerals transformation coupled to acetogenesis // ISME J. 2020. 14(2): 425-436.
19. Antonova A.V., Chistyakova N.I., Gracheva M.A., Rusakov V.S., Koksharov Y.A., Zhilina T.N., Zavarzina D.G. Mössbauer and EPR study of ferrihydrite and siderite biotransformations by a syntrophic culture of alkaliphilic bacteria // Journal of Molecular Structure. 2020. 1206. article 127606.
20. Zavarzina D.G., Zhilina T.N., Kostrikina N.A., Toshchakov S.V., Kublanov I.V. *Isachenkonia alkalipeptolytica* gen. nov. sp. nov., a new anaerobic, alkaliphilic proteolytic bacterium capable of reducing Fe(III) and sulfur // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2020. 70: 4730-4738.
21. Zavarzina D.G., Merkel A.Yu., Klyukina A.A., Elizarov I.M., Pikhtereva V.A., Rusakov V.S., Chistyakova N.I., Ziganshin R.H., Maslov A.A., Gavrilov S.N. Iron or sulfur respiration – an adaptive choice determining the fitness of a natronophilic bacterium *Dethiobacter alkaliphilus* in geochemically contrasting environments // Front. Microbiol. 2023. 14. article 1108245.

Материалы диссертации были доложены и обсуждены на международных и российских конференциях: 11th, 12th International Symposium on Microbial Ecology (ISME-11, ISME-12) (Vienna, Austria, 2006; Cairns, Australia, 2008); XI Международная конференция “Мёссбауэровская спектроскопия и ее применение“ (Екатеринбург, Россия, 2009); 8th, 10th International Congress on Extremophiles (Ponta Delgada, Azores, 2010; Saint Petersburg, Russia, 2014); 21st Annual V.M. Goldschmidt Conference (Prague, Czech Republic, 2011); 1-й, 2-й, 3-й Российский Микробиологический Конгресс (Пущино, Россия, 2017; Саранск, Россия, 2019; Псков, Россия, 2021); XXXVII Annual Meeting of the European Culture Collections' Organization (Moscow, Russia, 2018); III Всероссийская конференция с международным участием

«Экология и геохимическая деятельность микроорганизмов экстремальных местообитаний» (Улан-Удэ, Россия, 2023).

В публикациях отражены результаты экспериментальной части в рамках диссертационной работы.

На диссертацию поступили следующие отзывы:

Отзыв официального оппонента доктора биологических наук, профессора Грабович Маргариты Юрьевны**,** (положительный). Отзыв содержит следующие замечания:

1. В работе были получены геномные сиквенсы для всех исследованных анаэробными бактериями содовых озер. К сожалению, автор в диссертации не провел и не привел детальный биоинформатический анализ.
2. Несмотря на отдельные блистательные находки (биотрансформация железа в зависимости от физико-химических условий, бинарности или синтрофности культур, использования ферригидрита или смешанновалентных минералов железа), пути метаболизма углерода у алкалофильных анаэробных бактерий в катаболических и анаболических реакциях в чистых и бинарных культурах изолятов изучены диссертантом довольно поверхностно. Очевидно, что особенности структурно-функциональной организации метаболизма и биоэнергетики этих уникальных алкалофильных анаэробных бактерий представляют самостоятельный интерес для дальнейших биохимических исследований.
3. Остается открытым вопрос, каким образом *Geoalkalibacter ferrihydriticus* принимает участие в ацетогенезе? Если речь идет только о синтезе ацетата, то вопросов нет, но если ацетат синтезируется и накапливается, но при этом не функционирует путь Вуда-Льюнгдаля, то не ясно почему он не утилизируется, Способен ли *Geoalkalibacter ferrihydriticus* использовать ацетат как ростовой субстрат? Возможно ли, что автор наблюдал сверхсинтез ацетата в реакциях с участием фосфоацетилтрансферазы и ацетаткиназы, которые были выявлены при анализе генома?
4. Автор пишет, что при автотрофном росте CO_2 у *Geoalkalibacter ferrihydriticus* ассимилируется через восстановительный цикл лимонной кислоты. Обнаружен ген, кодирующий цитратлиазу. Поскольку на сегодня известно 2 варианта этого пути, то хотелось бы уточнить – это канонический цикл Арнона или это обратимый цикл трикарбоновых кислот с бифункциональным ферментом цитратсинтазой/цитратлиазой?
5. При анализе генома у *Geoalkalibacter ferrihydriticus* наряду с цитратлиазой были ли выявлены другие ключевые ферменты восстановительного цикла лимонной кислоты такие, как фумаратредуктаза и 2-оксоглутарат-ферредоксиноксидоредуктаза?
6. Несколько замечаний по терминологии:
    a. Термин «микроаэрофильный» следует применять только к микроорганизмам, но если речь идет о росте или условиях роста, то правильно говорить микроаэробный / микроаэробные.
    b. Термин «диссимиляторные алкалофильные железобактерии». Скорее это лабораторный сленг. Правильно писать алкалофильные бактерии, осуществляющие диссимиляторную железоредукцию.

Отзыв официального оппонента доктора биологических наук Земской Тамары Ивановны, (положительный). Отзыв содержит следующие замечания:

1) Есть ли данные о представленности таксонов в сообществах исследованных автором содовых озер или такие данные отсутствуют?

2) На стр. 201 вы предположили, что главным переключателем преобразования сидерита в магнетит в ферментере является скорость диффузии углекислого газа, а отмечались ли изменения в pH и не рассматривали ли этот показатель в качестве триггера процесса?
3) В качестве замечания – не приведены регистрационные номера полученных последовательностей гена 16S рРНК и собранных геномов, что принято проводить при представлении таких данных.
4) Пробовали ли вы провести сравнения полных геномов выделенных штаммов с геномами других бактерий из базы NCBI по сходству однокопийных генов домашнего хозяйства, которые показывают, есть ли в кластере ближайших родственников исследованных штаммов только экстремофильные бактерии или среди ближайших родственников встречаются штаммы, изолированные из разных экосистем. Такое сравнение позволило бы более предметно обсудить древность происхождения видов.

Отзыв официального оппонента доктора геолого-минералогических наук, профессора Савенко Виталия Савельевича, (положительный). Отзыв содержит следующие замечания:

1) Неоднократно обращаясь к проблеме образования докембрийских железистых кварцитов, Д.Г. Заварзина разделяет и использует широко распространенные представления об отсутствии в то время кислорода в атмосфере и сульфатов в водах древнего океана, а генезис железистых кварцитов связывает с мощным развитием вулканических процессов. Магматические (вулканические) летучие компоненты всегда содержат значительные количества серы, и вместе с отложениями железистых кварцитов мы вправе ожидать столь же широкого распространения отложений серы (в виде сульфидов или элементарной серы). Этого, однако, не наблюдается. Можно предположить, что подводные гидротермы, образовавшиеся при взаимодействии горячих базальтов с бессульфатной морской водой, будут содержать много железа и кремнезема при низком содержании сероводорода. Но это необходимо доказать либо экспериментально, либо посредством термодинамических расчетов.
2) Не следует употреблять общий термин «геосфера» для обозначения какого-либо конкретного земного пространства. В строении Земли выделяется несколько геосфер, которые имеют собственные названия: атмосфера, гидросфера, биосфера, литосфера, мантия, ядро. Биосферой до сих пор называют как совокупность живых организмов, так и земное пространство, в котором обитают живые организмы. Геосферой многие географы сокращенно называют географическую оболочку, которая не имеет общепринятых границ: исходное широкое толкование А.А. Григорьева в настоящее время большинством географов заменяется узким, соответствующим ландшафтной оболочке. Поэтому, употребляя термин «геосфера», надо обязательно пояснять, какое содержание в него вкладывается.
3) Биотит уже давно не считается корректным названием, поэтому следовало бы дать название корректного минерала изоморфного ряда в соответствии с определенной формулой.
4) В экспериментах по анаэробному окислению сидерита, слоистых силикатов и металлического железа автор на основании данных Мессбауэровского спектрального анализа указывает на процессы анаэробного окисления и вместе с тем рассуждает о перераспределении атомов окисного и закисного железа между фазами и даже внутри фаз. Каково соотношение этих процессов в контексте микробного метаболизма? Может ли быть перераспределение атомов железа внутри одной фазы энергодающим процессом для микроорганизмов?

5) Не вполне понятно, какую метаболическую функцию выполняют описанные в работе алкалофильные бактерии в современных содовых озерах. Окисление гидротроиллита?

Отзыв ведущей организации - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки – отзыв положительный. В качестве уязвимых мест, недочетов и упущений следует отметить следующее:

1. В диссертации достаточно часто используются сокращенные слова и буквенные аббревиатуры, однако Список использованных в тексте сокращений и условных обозначений отсутствует, что доставляет неудобства и усложняет работу с текстом диссертации.
2. В автореферате и диссертации в главе «Материалы и методы» отсутствуют сведения о методах статистической обработки полученных данных, а также о повторности контролируемых лабораторных экспериментов. При этом в представленных таблицах и графиках приведены стандартные отклонения и планки погрешностей измерений.
3. Раздел «Выводы» содержит 9 позиций. Обычно необходимо следовать такой схеме: «одна задача – одна глава Результатов – один вывод». Другими словами, число выводов должно совпадать с числом обозначенных задач исследования.
4. С содержательной стороны проведенного исследования наименование темы докторской диссертации могло бы звучать в достаточной мере более наукоемко, например, как «Анаэробные алкалофильные бактерии содовых озер и их роль в процессах преобразования минералов железа» или «Анаэробные алкалофильные бактерии и особенности их воздействия на минералы железа».

Вопросы уточняющего характера:

1. С точки зрения диссертанта, к какой оптимальной экологической стратегии могут быть отнесены устойчивые локальные популяции анаэробных алкалофильных бактерий относительно высокой плотности, для которых свойственны тактика медленного роста в таких экстремальных биотопах, как содовые озера или термофильные источники; специфика ферментов, участвующих в процессах трансформации минералов железа в щелочных условиях бескислородной атмосферы; повышенная лабильность метаболической системы в широком диапазоне температур и значений pH; высокая толерантность к экстремальным абиотическим факторам?
2. Какие методы наиболее приемлемы для длительного сохранения уникальных природных образцов и чистых бактериальных культур?
3. Вопрос о соотношении биохимических и абиогенных процессов трансформации форм железа из минералов до сих пор остается недостаточно ясным. С точки зрения автора, в природных условиях содовых водоемов какой процесс, ответственный за восстановление железа, занимает первостепенное значение – микробиологический или чисто физико-химический? Как сопоставимы масштабы их распространения?
4. Известны ли данные о патогенности анаэробных алкалофильных бактерий, в том числе представителей новых таксонов, перспективных для биотехнологического использования?

Однако замечания, безусловно, носят рекомендательный характер и никоим образом не умаляют достоинств работы.

На автореферат поступили положительные отзывы. Отзывы прислали:

1. Архипченко И.А., дбн, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологического мониторинга и биоремедиации почв ФГБНУ Всероссийский

научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии. Замечаний нет.

2. Бархутова Д.Д., кбн, зав. лабораторией и Абидуева Е.Ю., дбн, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии ФГБНУ Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН. Замечаний нет.
3. Бычков А.Ю., д.г.-м.н., профессор РАН, зав. кафедрой геохимии Геологического ф-та ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова. Замечаний нет.
4. Карпов Г.А., д.г.-м.н., главный научный сотрудник ФГБУН Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. Замечаний нет.
5. Кокшаров Ю.А., д.ф.-м.н., профессор Физического ф-та ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова. Замечаний нет.
6. Колотилова Н.Н., дбн, доцент кафедры микробиологии Биологического ф-та ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова. Замечаний нет.
7. Микляев П.С., д.г.-м.н., профессор РАН, зам.директора по научной работе ФГБУН Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН. Замечаний нет.
8. Намсараев З.Б., кбн, начальник лаборатории синтетической биологии, Курчатовский комплекс НБИКС-природоподобных технологий, НИЦ «Курчатовский институт». Замечаний нет.
9. Степанов А.Л., дбн, профессор, зав. кафедрой биологии почв факультета почвоведения, ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова. Замечаний нет.
10. Щербакова В.А., дбн, ведущий научный сотрудник лаборатории анаэробных микроорганизмов Института биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук». Замечаний нет.
11. Карначук О.В., дбн, профессор, зав. кафедрой физиологии растений, биотехнологии и биоинформатики Томского государственного университета. Замечаний нет.
12. Самылина О.С., кбн, старший научный сотрудник лаборатории реликтовых микробных сообществ, ФИЦ Биотехнологии РАН. Замечаний нет.
13. Сафонов А.В., кхн, ведущий научный сотрудник, рук. группы радиоэкологии и биогеотехнологии, ФГБУН Институт физической химиии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина. Замечаний нет.

Все отзывы положительные.

Вопросы задавали: д.б.н. Летаров А.В., д.б.н. Горленко В.М., д.б.н Равин Н.В., д.б.н. Терешина В.М., д.б.н. Пименов Н.В.

В дискуссии приняли участие: д.б.н. Саввичев А.С., д.б.н. Горленко В.М., д.б.н. Назина Т.Н., д.б.н. Пименов Н.В., Чистякова Н.И. (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Диссертационный совет отмечает, что диссертация Заварзиной Д.Г., посвященная трансформации минералов железа под воздействием новых анаэробных бактерий, выделенных из содовых озер, является завершенной научной работой.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что в результате проведенных исследований получена новая информация о биологическом разнообразии алкалофильных анаэробных прокариот – их филогении и таксономии, физиологии и метаболизме. Описаны и узаконены 7 новых таксонов (в том числе 3 новых рода) алкалофильных анаэробных бактерий. В их числе бактерии *Geoalkalibacter ferrihydriticus* gen. nov., sp. nov., *Fuchsiella alkaliacetigena* gen. nov., sp. nov., *Fuchsiella ferrireducens* sp. nov., использующие соединения железа в качестве акцепторов электронов в энергетическом

метаболизме, а также *Natronincola ferrireducens* sp. nov., *Natronincola peptidovorans* sp. nov., *Alkaliphilus peptidifermentans* sp. nov., *Isachenkonia alkalipeptolytica* gen. nov., sp. nov., использующие соединения железа в процессе облегченного брожения. Доказана возможность пути анаэробной деструкции органического вещества в щелочных условиях за счет восстановления минералов железа, альтернативного сульфидогенезу. Обнаружение возможности анаэробного диссимиляционного окисления двухвалентного железа в отсутствие света и нитратов и выделение бактерий, осуществляющих этот процесс, расширяет представления о функционировании биогеохимического цикла железа в анаэробных условиях. Полученные результаты о взаимодействии бактерий в комбинированных культурах, основанных на метабиотических и синтрофных отношениях, расширяют представления о трофических взаимоотношениях в анаэробных микробных сообществах и связи биогеохимических циклов углерода и железа. Подтвержденная экспериментально возможность существования алкалофильных и термофильных микробных сообществ, развивающихся в анаэробных условиях с минералами восстановленного железа в качестве первичного источника энергии, имеют принципиальное значение для понимания процессов, протекавших на ранних этапах развития биосферы, так как дают ключ к пониманию функционирования биогеохимического цикла железа в архее-протерозое. Выдвинуто предположение о возможности развития микроорганизмов за счет анаэробной циклической трансформации сидерита, что свидетельствует о возможности существования подобного цикла, неограниченного по ключевым соединениям – CO_2 и Fe^{2+}, на ранних этапах развития биосферы Земли. Этот цикл мог иметь такое же значение для древней биосферы, какое имеет современный цикл углерода с основополагающими реакциями фотосинтеза-дыхания.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что новые изоляты анаэробных железоредуцирующих и железоокисляющих прокариот могут служить объектами для исследования путей их энергетического и конструктивного метаболизма. Непосредственное биотехнологическое применение могут найти выделенные литоавтотрофные железоредукторы, являющиеся электрогенами. Изучение процесса микробно-индуцированной коррозии стали в восстановительных щелочных средах позволит выработать адекватные и эффективные меры борьбы с этим разрушительным явлением.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что полученные результаты являются воспроизводимыми и достоверными, а выводы – обоснованными. При выполнении диссертационной работы был использован комплекс микробиологических, молекулярно-биологических и биоинформатических подходов, а также современные методы, применяемые в минералогии и физике для изучения состояния твердых фаз.

По теме диссертации опубликовано 42 научные работы, отражающие основные результаты работы, в том числе 21 статья в изданиях, индексируемых в Web of Science и/или Scopus, а также 21 тезисы на научных конференциях. Автореферат полностью отражает основные научные результаты диссертации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии на всех этапах работы, включая формулирование целей работы, планирование и постановку экспериментов, обработку, анализ и интерпретацию полученных результатов, апробацию основных положений работы на различных конференциях, подготовку публикаций по теме работы.

Заключение.

Диссертация **Заварзиной Дарьи Георгиевны «Трансформация минералов железа анаэробными бактериями содовых озер»** является завершенной научной работой, в которой решаются задачи, имеющие значение для развития представлений о трансформации минералов железа под воздействием новых анаэробных бактерий, выделенных из содовых озер.

Работа соответствует профилю Диссовета 24.1.233.02 и требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора биологических наук в соответствии с п. 9-11, 13-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842.

На заседании 09 ноября 2023 г. Диссертационный совет принял решение присудить **Заварзиной Дарье Георгиевне** ученую степень доктора биологических наук по специальности – 1.5.11. – Микробиология.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 чел., из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали «за» присуждение ученой степени – 18, «против» – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета 24.1.233.02
ФИЦ Биотехнологии РАН
д.б.н. Н.В. Пименов

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.233.02
ФИЦ Биотехнологии РАН
д.б.н Т.В. Хижняк

09 ноября 2023 г.