

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертационной работе Антоновой Анжелины Владимировны "Мессбауэровские исследования минералов железа и сурьмы, преобразованных анаэробными экстремофильными микроорганизмами", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Изучение процессов биотрансформаций вносит весомый вклад в фундаментальные знания о жизнедеятельности микроорганизмов и формировании минералов переменновалентных элементов на Земле. Исследование таких процессов позволит предложить способ биогенного создания магнитных наночастиц заданного размера для применения в экологии и медицине или биоремедиационных технологиях.

Метод мессбауэровской спектроскопии особенно эффективен при исследовании локальной структуры, валентного, зарядового и спинового состояний атомов железа и сурьмы в минералах, преобразованных микроорганизмами. Данный метод позволяет зафиксировать сформированные в процессе биотрансформации новые железосодержащие фазы даже несмотря на их малое относительное содержание, а также небольшие изменения в ближайшем окружении атомов кристаллической структуры минералов.

Диссертационная работа Антоновой А.В. посвящена мессбауэровским исследованиям минералов железа и сурьмы, преобразованных анаэробными экстремофильными микроорганизмами. Основная задача Антоновой А.В. состояла в исследовании методами мессбауэровской спектроскопии преобразования синтезированных ферригидрита, магнетита, смешанновалентного оксида сурьмы и природного сидерита экстремофильными микроорганизмами. Необходимо было зафиксировать образование и установить состав новых минеральных фаз, сформированных в результате таких биогенных преобразований минералов. С этой целью Антоновой А.В. проведены мессбауэровские исследования на ядрах ^{57}Fe и ^{121}Sb при различных температурах. Обработка мессбауэровских спектров проведена с помощью программы SpectrRelax, обладающей уникальными современными возможностями. Антоновой А.В. предложена модель обработки мессбауэровских спектров образцов, измеренных ниже температуры блокировки, представляющих смесь наночастиц магнетита и маггемита. Данная модель позволяет оценить трудноразличимое соотношение фаз магнетита и маггемита в образце. Для комплексного изучения образцов были также проведены исследования с помощью рентгенофазового анализа, ядерного рассеяния вперед, сканирующей электронной микроскопии, электронного парамагнитного резонанса и рамановской спектроскопии.

В результате проведенных исследований Антоновой А.В. впервые установлено образование и состав новых минеральных фаз, сформированных в результате преобразований ферригидрита, магнетита, сидерита и смешанновалентного оксида сурьмы, экстремофильными микроорганизмами *Fuchsiella ferrireducens*, *Geoalkalibacter ferrihydriticus*, *Candidatus "Contubernalis alkalaceticum"*, *Pyrobaculum arsenaticum*. Антоновой А.В. впервые установлена кинетика преобразований магнетита и ферригидрита

синтрофной культурой бактерий *Geoalkalibacter ferrihydriticus* и *Candidatus "Contubernalis alkalaceticum"*. Исследовано влияние исходного количества магнетита на состав и относительное содержание сформированных железосодержащих фаз, полученных в результате преобразований этого минерала синтрофной культурой. Установлены характерные особенности структуры и свойств сидерита, сформированного в процессе преобразования синтезированного ферригидрита анаэробными алкалофильными железоредуцирующими бактериями. Кроме того, Антоновой А.В. впервые зафиксировано восстановление атомов сурьмы в смешанновалентном (III/V) оксиде сурьмы гипертермофильной археей *Pyrobaculum arsenaticum*.

Антоновой А.В. удалось установить, что алкалофильные бактерии *Fuchsiella ferrireducens*, *Geoalkalibacter ferrihydriticus* используют ферригидрит как акцептор электронов для реакции анаэробного восстановления, сидерит – как донор электронов для карбонат зависимого анаэробного окисления. Магнетит, являясь стабильной фазой в щелочных анаэробных условиях, является проводником для межвидового переноса электронов при синтрофном росте *Geoalkalibacter ferrihydriticus* и *Candidatus "Contubernalis alkalaceticum"*. Эти результаты имеют важное фундаментальное значение для понимания жизнедеятельности анаэробных алкалофильных микроорганизмов и формировании минералов железа на Земле.

Диссертационная работа Антоновой А.В. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу по актуальной тематике. Результаты, полученные в диссертации, имеют научное и практическое значение, они не вызывают сомнений в их обоснованности и достоверности.

Результаты проведенных исследований вызывают интерес у специалистов из разных областей науки, в том числе мессбауэровской спектроскопии, геологии и микробиологии, чему свидетельствуют статьи, опубликованные в высокорейтинговых журналах. Результаты докладывались на многих международных конференциях. Всего по теме диссертационной работы Антоновой А.В. опубликовано 5 статей и 12 тезисов докладов конференций.

Выполнение диссертационной работы потребовало от Антоновой А.В. специальных знаний в области мессбауэровской спектроскопии и физики конденсированного состояния вещества, а также навыков экспериментальных исследований и использования современных методов обработки и анализа мессбауэровских данных. Стоит отметить, что при выполнении диссертационной работы Антонова А.В. принимала активное участие в совместных научных исследованиях с сотрудниками Института микробиологии им. С.Н. Виноградского ФИЦ Биотехнологии РАН.

В процессе работы над диссертацией Антонова А.В. проявила себя как ответственный, обладающий высокой научной квалификацией исследователь, способный самостоятельно формулировать и решать экспериментальные задачи, анализировать, интерпретировать и представлять полученные данные.

Считаю, что по объему полученных результатов, их научной и практической значимости и актуальности диссертация Антоновой А.В. удовлетворяет требованиям Аттестационной комиссии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, а ее автор – Антонова Ангелина Владимировна заслуживает присуждения ей искомой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Доцент кафедры общей физики
физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
кандидат физико-математических наук

Н.И. Чистякова

Подпись доцента Н.И. Чистяковой заверяю

Ученый секретарь Ученого совета физического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова
профессор

В.А. Караваев