

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Веливецкой Татьяны Алексеевны  
«Эффекты масс-независимого фракционирования изотопов серы и кислорода в архейской атмосфере Земли», представленной на соискание ученой степени  
доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия,  
геохимические методы поисков полезных ископаемых

Реконструкция эволюции атмосферы Земли – интереснейшая научная проблема подробно и последовательно изучена в представленном автором диссертационном исследовании.

Особо следует отметить разработку Т.А. Веливецкой с соавторами нового метода изотопной масс-спектрометрии с фемтосекундной абляцией (Фс-ЛА-ГХ/МС) как бесспорное фундаментальное научное достижение. Создание этого уникального инструмента обеспечило возможность определения *in situ* всех четырех стабильных изотопов серы  $^{32}\text{S}$ ,  $^{33}\text{S}$ ,  $^{34}\text{S}$  и  $^{36}\text{S}$  в сульфидных минералах. Объединение двух разных режимов работы созданной установки для локального изотопного анализа серы (проточного при постоянной продувке гелием и высоковакуумного) позволило уменьшить число применяемых аналитических операций и повысить точность измерений. Достигнутые в оптимизированных условиях аналитические характеристики метода подтверждены анализом международных стандартных образцов сульфида серебра (IAEA-S-1÷3) и сфалерита (NBS-123), внутренних лабораторных стандартов (газ  $\text{SF}_6$  и пирит), а также результатами, полученными классическим методом фторирования. Автор убедительно демонстрирует преимущества разработанного метода по сравнению с существующими (по пространственному разрешению, количеству получаемого для измерений фторида серы, погрешностям измерения изотопных отношений, ориентировки кристалла относительно лазерного луча и др.). Поэтому экспериментальное исследование и моделирование эффектов масс-независимого фракционирования изотопов серы позволило автору с новой точки зрения рассмотреть процессы фотодиссоциации  $\text{SO}_2$  в условиях отсутствия свободного молекулярного кислорода в атмосфере при облучении жестким ультрафиолетовым излучением и объяснить их известное из литературных источников отсутствие изотопных аномалии серы в породах старше 2,4 млрд. лет. Показано, что УФ-излучение явилось ключевым фактором в иницировании фотохимических процессов в архейской атмосфере.

Предложенная методология экспериментального изучения и моделирования эффектов масс-независимого фракционирования изотопов кислорода  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$  и  $^{16}\text{O}$  была применена к описанию фотохимических процессов формирования пероксида водорода в бескислородной архейской атмосфере. В результате модельных экспериментов, выполненных в присутствии разных количеств атмосферных газов при инициации фотохимических реакций электрическими разрядами и УФ-излучением, показана возможность образования  $\text{H}_2\text{O}_2$  даже при комнатной температуре и установлен факт масс-независимого аномального фракционирования  $\Delta^{17}\text{O}$ , которое объясняется селективным обогащением за счет наличия ненулевого спина изотопа  $^{17}\text{O}$ . Как замечание следует отметить, что в автореферате не приведены условия выполнения анализа и точность измерений изотопных отношений кислорода. Тем не менее, сочетание экспериментальных

фактов, установленных при имитационном моделировании процессов фотолиза  $H_2O_2$  и  $SO_2$ , свидетельствует в пользу гипотезы о фотохимическом источнике оксигенизации первичной атмосферы Земли. Выявлены процессы, факторы и условия фотохимической трансформации серы и кислорода в архейской атмосфере Земли, которые, основываясь на предположении об определяющей роли фотохимических реакций под действием жесткого солнечного УФ-излучения, привели к возникновению феномена масс-независимого фракционирования серы в породах и кислорода в атмосфере Земли.

В целом, представленное Т.А. Веливецкой диссертационное исследование по изучению масс-независимых эффектов фракционирования стабильных изотопов серы и кислорода изотопными методами по совокупности предложенных теоретических и экспериментальных методологических подходов, отличающихся высокой степенью новизны и демонстрирующих доказательства достоверности разработанных аналитических методик, можно квалифицировать как научное достижение в области развития знаний о закономерностях формирования изотопного состава Земли. Диссертация по актуальности, научной новизне, объему и достоверности полученных результатов, а также обоснованности выводов полностью соответствует требованиям пунктов 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции от 01.01.2018 г.), а её автор – Веливецкая Татьяна Алексеевна – заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 05.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Васильева Ирина Евгеньевна,  
доктор технических наук (химические науки, специальность 02.00.02),  
старший научный сотрудник,  
главный научный сотрудник,  
группа атомно-эмиссионных методов анализа и стандартных образцов,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии  
им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН)  
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1А  
[www.igc.irk.ru](http://www.igc.irk.ru)  
E-mail: [vasira@igc.irk.ru](mailto:vasira@igc.irk.ru)  
T. +7 (3952) 425837

Я, Васильева Ирина Евгеньевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета Д.002.109.02 и их дальнейшую обработку.

«07» октября, 2021 г.



Подпись Васильевой И. Е.  
ЗАВЕРЯЮ Юрская Е. С.  
Зав. канцелярией  
ИГХ СО РАН Юрская Е. С.