

ОТЗЫВ

Официального оппонента доктора геолого-минералогических наук Силантьева Сергея Александровича на диссертацию Петрова Владимира Антоновича на тему «Гидрогеохимия метана и рудообразующих металлов в гидротермальных ореолах рассеяния (на примере рудных полей Российского разведочного района Срединно-Атлантического хребта)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Диссертационная работа В.А.Петрова посвящена изучению характера распределения метана и рудообразующих металлов (Cu, Zn, Mn, Fe) в гидротермальных ореолах рассеяния в пределах рудных полей Российского разведочного района (РРР), расположенных в гребневой зоне Срединно-Атлантического хребта (САХ). В работе рассмотрены главные факторы, определяющие геохимическую специфику ореолов рассеяния, ассоциирующих с гидротермальными системами, расположенными во внутренних океанических комплексах САХ. На основании синтеза и анализа большого объема эмпирических данных продемонстрирована определяющая роль строения и состава океанической коры (серпентиниты или базальты) в поведении метановых эманаций и в формировании ореолов рассеяния, связанных с крупными гидротермальными кластерами, расположенными внутри РРР. Объектами изучения служили гидротермальные поля Ашадзе-2, Логачев-1, Коралловое, Молодежное и Пюи-де-Фоль. Актуальность проведенного диссертантом исследования обеспечивается важностью полученных результатов и научных выводов для организации поисковых и геоэкологических изысканий в рамках контрактных работ, планируемых в пределах РРР. Поведение метана и рудных элементов в дистальных частях гидротермальных ореолов рассеяния остается мало изученным вопросом, что также определяет актуальность и новизну представленной к защите работы. По теме диссертации В.А.Петровым были опубликованы 12 работ., включая 2 статьи в изданиях, предусмотренных для опубликования основных научных результатов диссертационных работ, представленных на соискание ученой степени кандидата наук. Диссертация состоит из оглавления, введения, 6 глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 288 наименований. Диссертация изложена на 157 страницах, содержит 72 рисунка и 10 таблиц. Работа дополнена многочисленными иллюстрациями, наглядно демонстрирующими представленный в ней материал и выводы, сформулированные диссертантом.

В **Главе 1** рассмотрены существующие представления и данные о главных агентах и контролирующих процессах, формирующих современные гидротермальные поля в океанических центрах спрединга. В главе обсуждаются тектонические и петрологические аспекты образования внутренних океанических комплексов САХ и их влияния на геохимическую специфику циркулирующих в слагающих их породах гидротермальных растворах. В этом разделе диссертации ее автор детально обсуждает влияние на состав и структуру гидротермальных ореолов рассеяния различных гидрохимических и гидрофизических факторов.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-320 от 19.09.23
АУ УС

Глава 2 посвящена описанию строения и состава океанической коры в районах, в которых расположены объекты исследования: гидротермальные поля Ашадзе, Коралловое, Моложежное, Логачев и Пюи-де-Фоль. Описание сопровождается хорошо читаемыми батиметрическими картами и схемами, что позволяет убедительно продемонстрировать сформулированные диссертантом выводы к этой главе.

В **Главе 3** представлены методики, используемые в современной практике изучения гидротермальных систем срединно-океанических хребтов. Эти различные методы пробоотбора и анализа вещества позволяют определять *in situ* концентрацию метана в морской воде, содержание в ней главных и редких элементов, ее температуру, окислительно-восстановительный потенциал и мутность. Полученные эмпирические данные могут быть непротеворечиво интерпретированы с помощью методов статистического анализа.

Поведение метана в изученных гидротермальных ореолах рассеяния рассмотрено в **Главе 4**. В ней приводятся данные, позволяющие судить о концентрации метана и трендах ее изменения внутри ореолов рассеяния гидротермальных полей Логачев, Молодежное, Коралловое и Пюи-де-Фоль. Представленные в главе данные подтверждают положительную корреляцию между поведением CH_4 и Mn , что указывает на совместное распространение этих компонентов в ореоле рассеяния. Диссертант предполагает, что крупные ореолы рассеяния метана, обнаруженные в пределах осевой зоны САХ, связаны с «мегаплюмами», относящимися к центрам активного вулканизма.

В **Главе 5** на примере данных гидрохимического профилирования, проведенного в акватории гидротермального поля Ашадзе-2, рассмотрено поведение в гидротермальных ореолах рассеяния рудообразующих элементов (Cu , Zn , Mn , Fe). Диссертант интерпретирует имеющиеся у него данные в рамках оригинальной модели формирования вихревого гидротермального ореола рассеяния в пределах поля Ашадзе-2. Согласно этой модели, миграция рудообразующих элементов на удалении 200–700 метров от источника происходит с разным соотношением растворенных и взвешенных форм. Причем, Cu и Zn распространяются преимущественно в растворенной форме, а Fe и Mn – во взвешенной,

По мнению оппонента, наибольший интерес в работе В.А. Петрова представляет **Глава 6**, в которой диссертант предлагает и обосновывает оригинальную методику определения положения активного гидротермального источника. Базовой посылкой этой методики является предположение о том, что отношение растворенных и взвешенных металлов в ореоле вблизи источника должно быть наибольшим, в то время как на удалении от него оно постепенно уменьшается вследствие увеличения взвешенной компоненты в растворе. Предложенная методика может быть эффективно использована при картировании гидротермальных рудопроявлений, ореолы рассеяния которых обладают вихревой структурой. Алгоритм предложенной диссертантом методики основан на адаптированном принципе мультилатерации. На примере поля Ашадзе предложенная методика была успешно верифицирована, а в случае гидротермального

рудопроявления впадины Маркова позволила определить возможное положение гидротермальных источников, сведения о котором ранее отсутствовали. Очевидно, что предложенная диссертантом методика определения положения активного гидротермального источника имеет хорошую перспективу для использования при поиске и разработке гидротермальных рудопоявлений Мирового океана.

В **Заключении** диссертант представляет синтез главных выводов, полученных им при изучении закономерностей распределения метана и рудных элементов в придонной водной толще рудных полей Российского разведочного района САХ. Эти выводы послужили основой защищаемых положений представленной В.А.Петровым диссертационной работы.

Содержание диссертации хорошо изложено и сопровождается многочисленными иллюстрациями. Ее автор обнаруживает отличное знание предмета, которому посвящена его работа, о чем свидетельствует список литературы, прилагаемый к диссертации. Замечания оппонента к содержанию диссертации заключаются в следующем:

1. Стр. 6 (Введение) - Диссертант указывает, что им «Доказана надежность повышенного содержания метана, как признака гидротермальной активности, в пределах блоков ультраосновных пород Срединно-Атлантического хребта» - оппонент считает, что эта формулировка в указанном месте и в других разделах работы должна быть несколько изменена, поскольку метановые аномалии уже почти полвека используются как индикаторный признак присутствия протяженных обнажений серпентинитов на морском дне (см., например, Charlou et al., 1991). В каждом конкретном случае диссертант мог бы указывать, что его достижением явилась констатация факта, что большая часть гидротермальных рудопоявлений Российского Разведочного Района относятся к так называемым “serpentinite hosted” Именно таким образом, кстати, выглядит его первое защищаемое положение.
- 2 Стр. 12 (Глава 1) – У диссертанта: «В процессе подъема к поверхности первичного гидротермального раствора протекает фазовая сепарация (дифференциация)». = Оппонент: фазовая сепарация - не синоним дифференциации.
- 3 Стр. 13 (Глава 1) – Диссертант, в описании строения внутренних океанических комплексов приводит неверную ссылку (36 в списке литературы) – Верная ссылка: *С. А. Силантьев, Е. А. Краснова, М. Каннат, Н. С. Бортников, Н. Н. Кононкова, В. Е. Бельтнев*. Периодит-габбро-трондьемитовая ассоциация пород Срединно-Атлантического хребта в районе 12°58' – 14°45' с.ш.: гидротермальные поля Ашадзе и Логачев // *Геохимия*, 2011, №4, с.1-34. В том же контексте оппонент хотел бы заметить, что в этом фрагменте было бы уместнее сослаться на работы первоисточников (например, Blackman et al., 2002; Fujiwara et al., 2003).
- 4 Стр. 14 (Глава 1) – У диссертанта «В результате этого, в пределах высокосрединговых хребтов, где доказано существование очагов близко к поверхности, масштабная

- серпентинизация и формирование ВОК невозможно» - Оппонент: Это заблуждение! Серпентинизация и формирование ВОК действительно происходит в холодных сегментах САХ, в которых по определению проявления базальтового магматизма или редуцированы, или отсутствуют вовсе.
- 5 Стр. 17 (Глава 1) – Диссертант пишет: «Тем не менее, реакции и процессы, протекающие в пределах Срединно-Атлантического хребта, обладают некоторыми отличиями от описанных выше, поскольку состав и структура срединно-океанического хребта зависит от характера спрединга, обусловленного глубиной положения магматической камеры» - Оппонент считает, что скорость спрединга не зависит от глубины положения магматической камеры. Инъекции габброидов расположены на всех уровнях разреза океанической коры в низкоскоростных центрах спрединга.
- 6 Стр. 19 (Глава 1) – У диссертанта: «В ранее опубликованных исследованиях, магматогенный флюид рассматривается либо как основной источник газов и рудных компонент [46], либо как один из основных наравне с морской водой (полигенное происхождение раствора) [9, 10]» - Оппонент должен заметить, что в этом фрагменте приводятся ссылки на устаревшие работы одного и того же автора, в которых тезис об участии в океанических гидротермальных системах воды ювенильного происхождения не снабжен надежной аргументацией.
- 7 Стр. 19 (Глава 1) – у диссертанта: «По различным оценкам, масса вод, поступающих из мантии в Мировой океан, составляет порядка $1-5 \cdot 10^{14}$ г/год [25, 45, 149] – Оппонент: Эти оценки далеки от действительности, поскольку приводятся в устаревших работах и произведены до появления оценок реального содержания воды в магматических расплавах, продуцирующих MORB (например, Kelley et al., 2019; Соболев, 1996)
- 8 Стр. 22 (Глава 1) – Диссертант указывает, что «Выделяется два основных источника метана в Мировом океане: жизнедеятельность организмов и разгрузка холодных метановых сипов в зонах шельфа (влияние газогидратов) – Оппонент должен напомнить, что огромные объемы метана выделяются в низкоскоростных центрах спрединга за счет серпентинизации абиссальных перидотитов (см., например, Дмитриев и др., 1999).
- 9 Стр. 51 (Глава 2) – У диссертанта: «Тектонические сегменты связаны с выводом на поверхность глубинных пород (преимущественно, габброиды и апоперидотитовые серпентиниты), где гидротермальная активность контролируется зонами глубоких тектонических разломов (детачментов)» - Оппонент не считает, что тектонические разломы играют определяющую роль в инициации гидротермальной активности. Формирование гидротермальных систем, связанных с базальтовым субстратом, происходит в обстановке остывающей литосферы, в то время как гидротермальные системы, расположенные в серпентинитах, образуются при нагреве холодной литосферы. Иными словами, «триггером» запуска “serpentinite hosted” гидротермальных систем

является тепло, обеспечиваемое существованием активных малоглубинных магматических камер

- 10 Стр. 60 (Глава 4) – у диссертанта: «Ореолы рассеяния метана в пределах Срединно-Атлантического хребта в целом и, в пределах объектов исследования (поля Коралловое, Молодежное, Логачев-1 и Пюи-де-Фоль) в частности, отличаются слабой изученностью. На данный момент опубликованы всего две работы, содержащие разрозненные сведения о концентрациях и распределении метана вблизи гидротермального поля Логачев-1» - Оппонент должен напомнить, что первые данные о метановых аномалиях к югу от разломной зоны «15'20°» были получены во 2-ом рейсе НИС «Академик Петров» и представлены в Charlou et al., 1991.
- 11 Стр. 79 (Глава 4) – У диссертанта: «По мнению автора данного исследования, масштабные ореолы рассеяния метана, обнаруженные в пределах САХ и отраженные в ранее опубликованных работах [161, 288], могут быть обусловлены формированием «мегаплюмов». Появление «мегаплюмов» вызвано активной вулканической деятельностью, сопровождаемой поступлением большого объема гидротермальных растворов» - у оппонента возникает естественный вопрос о приуроченности мощных эманаций метана к протяженным обнажениям ультраосновных пород в сегментах САХ, где проявления базальтового вулканизма или редуцированы, или отсутствуют.

Высказанные выше замечания не умаляют хорошего впечатления, которое производит диссертационная работа В.А.Петрова, представляющая законченное исследование, способствующее получению интересных результатов, важных для расширения существующих представлений о гидротермальных рудопродуцирующих системах Мирового океана.

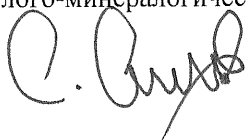
Заключение по диссертации: Диссертация «Гидрогеохимия метана и рудообразующих металлов в гидротермальных ореолах рассеяния (на примере рудных полей Российского разведочного района Срединно-Атлантического хребта)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 №953 адм, а ее автор **Петров Владимир Антонович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Официальный оппонент,

Главный научный сотрудник, заведующий Лабораторией геохимии магматических и метаморфических пород Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Доктор геолого-минералогических наук



Силантьев Сергей Александрович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Почтовый адрес: 119991, Москва, ул.Косыгина, 19

Официальный сайт в сети Интернет: <http://www.geokhi.ru>

e-mail: silyantsev@geokhi.ru

Телефон: +7 495 939 7027

5 сентября 2023г.

Подпись руки 
удостоверена 