

Отзыв

на автореферат и диссертационную работу Антона Алексеевича Нуждаева «Поведение ртути в условиях современного гидротермального процесса на примере Паужетской, Камбальной и Кошелевской гидротермальных систем Камчатки», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поиска полезных ископаемых

Диссертационная работа А.А. Нуждаева посвящена изучению закономерностей распределения и ртути в геотермальных системах на примере Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района Южной Камчатки.

Актуальность темы определяется геохимической информативностью данного элемента, участвующего в геолого-геохимических процессах таких как вулканизм, рудообразование, накопление в горючих полезных ископаемых, а также спецификой природных и техногенных циклов миграции ртути. В последнее время большее внимание уделяется биогеохимическим и техногенным процессам миграции и накопления ртути, признанной глобальным загрязнителем окружающей среды. Ртуть является единственным химическим элементом, для которого на уровне ООН разработан юридически обязательный документ – Минаматская конвенция по ртути, предусматривающая комплекс мер для снижения негативного воздействия ртути на окружающую среду и население. Но эти задачи не могут быть решены без изучения природных источников и циклов ртути. При этом оценка природной эмиссии является более сложной задачей по сравнению с оценкой антропогенных выбросов, для которых разработаны методологии расчетов, например, «Методология определения и количественной оценки источников поступления ртути в окружающую среду ..., ЮНЕП, 2013». Оценки природного поступления ртути в окружающую среду осложняются разнообразием источников в пределах континентов и океанов и неопределенностью вклада первичной эмиссии и реэмиссии.

Вулканизм является одним из важных природных источников поступления ртути, однако нельзя согласиться с утверждением автора, что «...активный вулканизм лидирует по количеству ртути, поставляемой на поверхность земной коры среди природных объектов» (диссертация, с.14). Согласно Global Mercury Assessment (2018), активные вулканы поставляют в атмосферу около 500 т ртути в год, а, например, годовая эмиссия из океанов оценивается величиной 3400 т, поступление из почв и растительности – 1000 т.

Ограниченность данных и вызванная этим неопределённость оценок поступления ртути в окружающую среду из районов вулканической и геотермальной активности определяет **научную новизну** и **практическую ценность** рецензируемой работы, направленной на изучение закономерностей поведения ртути в условиях активных гидротермальных систем Южной Камчатки.

Диссертация А.А. Нуждаева основана на большом фактическом материале, полученном непосредственно автором в ходе полевых работ 2005 – 2019 гг. и

последующей обработке и анализе полученных данных, подчеркивающих **личный вклад автора и самостоятельность** его диссертационной работы.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на российских и международных научных конференциях и совещаниях и опубликованы в 24 научных статьях.

Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, изложенных на 170 страницах, содержит 43 рисунка, 15 таблиц и список литературы из 151 наименования.

В **главе 1** приводится обзор геохимических характеристик ртути и ее источников и особенностей поведения в зонах сейсмической, вулканической и геотермальной активности, где могут формироваться ореолы рассеяния ртути. Обзорная часть представлена достаточно подробно и качественно, хотя встречаются отдельные **неточности** в формулировках. Например, (орфография сохранена): «... ртуть является единственным элементом, кроме благородных газов, который способен находится в атомарном состоянии при комнатной температуре ...» (диссертация, стр. 10). Автор, очевидно, имел в виду газообразное состояние элементов.

Иногда в обзоре используется цитирование не оригинальных источников, например, «Считается, что на элементарную ртуть приходится до 95 % содержания ртути в атмосфере (Васильев В.И. Минералогия ртути, 2004)».

Утверждение, что «...для районов активного вулканизма характерны более высокие содержания ртути в атмосфере, превышающие концентрации в не вулканических регионах на 3-4 порядка ...» (диссертация, стр. 13) справедливо для локальных участков в районах активного газовыделения, за пределами которых аномальное содержание быстро снижается до близкого к фону за счет турбулентной атмосферной диффузии.

Последние оценки вулканической эмиссии (Global Mercury Assessment, 2018) дают большую цифру вулканической эмиссии 500 т/год по сравнению с приведенными автором данными 30 – 100 т/год (диссертация, стр. 14). Но даже эта, увеличенная, цифра не дает основания утверждать, что «... активный вулканизм лидирует по количеству ртути, поставляемой на поверхность земной коры среди природных объектов». Согласно тому же Global Mercury Assessment, 2018, поступление ртути в атмосферу от природных континентальных источников (эмиссия почв, транспирация растений и лесные пожары) в сумме дают 1600 т/год, а океаническая эмиссия - 3400 т/год.

В списке цитированной литературы за номером 51 наряду с единственным автором монографии «Ртуть и эндогенное рудообразование» (1986), Н.А. Озеровой, вторым автором ошибочно указан Н.П. Лаверов, который является ответственным редактором этой замечательной книги.

Вторая глава посвящена подробной характеристике района исследований: Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района Южной Камчатки, необходимой для интерпретации полученных материалов полевых работ, описанных в последующих разделах диссертации. Этот раздел включает данные по тектонике, стратиграфии, магматизму, проявлениям гидротермальной активности с иллюстрацией

геологического строения и сопровождается информативными фотографиями участков работ.

Название **Главы 3** в диссертации (Глава 3 Фактический материал) отличается от названия в автореферате (Глава 3. Концентрации ртути в различных средах термальных полей Паужетско-Камбально-Кошелевского района).

В разделе 3.1 описаны методы отбора, подготовки и анализа проб на определение концентрации ртути. Можно отметить, что использованная автором методика отбора и консервации проб природных вод и парогазовых струй (описана на стр. 64) из-за недостаточного сильного окислительного состава консервирующего раствора, в случае длительного промежутка времени между отбором и анализом, может приводить к потерям части ртути и, соответственно, к занижению величины ее концентрации в пробе. Согласно 271 ПНД Ф для консервации проб природных вод используются более сильные окислительные растворы («... на каждые 200 см³ пробы добавляют 1 см³ концентрированной азотной кислоты и 1 см³ раствора перманганата калия»); при этом срок хранения законсервированной пробы - до трех дней в холодильнике. В случае потери части ртути при хранении, оценки величины потока ртути на термальных полях могут быть несколько занижены. Для повышения надежности аналитических данных можно рекомендовать в дальнейшем использование комплекса на основе портативного ртутного анализатора РА-915М, позволяющего в реальном времени измерять содержание ртути в воздухе и газах и анализировать жидкие и твердые пробы в условиях полевой лаборатории.

Далее в третьей главе представлены результаты определения содержания ртути в различных средах изученных геотермальных районов. Объектами исследований являлись горные породы, пирокластические отложения, почвы, глинистые отложения, термальные воды, конденсаты парогазовых струй и другие объекты. В ходе многолетних полевых работ А.А. Нуждаевым собран большой фактический материал, позволяющий получить новые данные о поведении ртути в современных гидротермальных процессах и обосновать защищаемые положения о формировании приповерхностных аномалий ртути и их динамике, о влиянии активного вулканизма на интенсивность потока ртути в гидротермальных системах.

Защищаемые положения основаны на подробном анализе полученных данных, представленных в **Главе 4**. В этой главе описаны особенности распределения ртути и форм ее нахождения в изученных геотермальных системах Южной Камчатки. Следует отметить использование автором дополнительных инструментов для интерпретации полученных данных. Так, А.А. Нуждаевым на основании изучения термоформ ртути установлена их зональность в разрезе отложений термальных полей. Определение термоформ ртути в таких объектах, по моим сведениям, сделано впервые. Существенной частью работы является физико-химическое моделирование форм нахождения ртути в гидротермальных растворах и оценка потоков и динамики накопления ртути при формировании новых термальных полей.

Диссертационная работа А.А. Нуждаева представляет собой самостоятельное, законченное научное исследование, выполненное на актуальную тему, обладающее новизной и практической значимостью. Материал исследований правильно структурирован, изложен хорошим языком, прекрасно иллюстрирован таблицами и рисунками. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Сделанные в данном отзыве замечания не снижают значимости и оценки работы в целом. Поставленные задачи исследований выполнены, все защищаемые положения обоснованы.

Считаю, что по актуальности, объему исследовательской работы и полученных результатов, научной новизне и практической значимости диссертационная работа ПОВЕДЕНИЕ РТУТИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ ПАУЖЕТСКОЙ, КАМБАЛЬНОЙ И КОШЕЛЕВСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ КАМЧАТКИ, соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор - Антон Алексеевич Нуждаев заслуживает присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поиска полезных ископаемых.

Согласен на обработку персональных данных.

Машьянов Николай Романович
Кандидат геолого-минералогических наук,
Специальность 04.00.13 – геохимические методы
поисков месторождений полезных ископаемых
Руководитель отдела ВЭД
ООО Люмэкс-маркетинг

195220 Санкт-Петербург,
ул. Обручевых, 1, лит. Б
Тел. +7 (812) 335-0-336
e-mail: nrm@lumex.ru

23 мая 2022 г.

Подпись руки Николая Романовича Машьянова заверяю

И.О. Климова
Генеральный директор
ООО Люмэкс-маркетинг

