



УТВЕРЖДАЮ
Директор ДВГИ ДВО РАН

доктор геолого-минералогических наук

 И.А. Тарасенко

« 4 » мая 2022 г.

ОТЗЫВ

Федерального бюджетного учреждения науки

Дальневосточного геологического института

Дальневосточного отделения Российской Академии Наук (ДВГИ ДВО РАН)

о диссертационной работе **Нуждаева Антона Алексеевича**

«ПОВЕДЕНИЕ РТУТИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО
ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ ПАУЖЕТСКОЙ, КАМБАЛЬНОЙ И КОШЕЛЕВСКОЙ
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ КАМЧАТКИ»,

представленной на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поиска полезных

ископаемых

Диссертационная работа объёмом 170 машинописных страницы состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения в виде 15 таблиц. Список использованной литературы включает 151 источник. Во **введении** отражена актуальность, цели, задачи и объекты исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В **первой главе** представлены общие сведения о ртути как об объекте исследования. Автор описывает возможные места нахождения ртути в литосфере, предлагает литературный обзор по мировой литературе, отражающей результаты исследований ртути как индикатора активных геодинамических процессов на примерах гидротерм, активных вулканов и современных сейсмических событиях. Автор акцентирует внимание на том, что ртути, как веществу с большой атомной массой, для выхода на поверхность в зоне активных разломов необходим газ-носитель. В этой связи её используют (совместно с другими газами) как предвестник сейсмических событий. Однако, повышение концентрации ртути, связанное с крупными разломами, имеет не регулярный, эпизодический характер, отражающий периоды активизации этих структур, в отличие от вулканических комплексов, с которыми поступление ртути связано как в

период эруптивной активности, так и в периоды покоя, сопровождающиеся фумарольной активностью. Отмечено, что несмотря на отсутствие единой точки зрения о природе поступления ртути в гидротермальные растворы, факт ее присутствия и активного участия в современном гидротермальном процессе не вызывает сомнения.

Замечания к главе 1. Автору следовало дать пояснение к рисунку 1, заимствованного, по-видимому, из литературных источников, чтобы понять, что отражено на нём. Также возникает вопрос о целесообразности использования термина «квазигазообразное состояние», – ведь речь идёт о парах атомарной ртути. Неудачно использовано сокращение кг/г, означающее, по-видимому, килограмм в год.

Во **второй главе** приведена общая характеристика Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района, а также Паужетской гидротермальной системы, Кошелевского вулканического массива и Камбального хребта. Дано общегеографическое описание района исследования, достаточно подробно представлено его геолого-структурное положение, магматизм и связанные с этим гидротермальные системы. Чётко и подробно выполнено описание термальных полей с приложением фотографий, таблиц результатов анализов гидротерм и газов.

Замечания к главе 2. Словосочетание «Юг западного Охотоморского побережья Камчатки» географически ставит читателя в тупик, предлагая существование «севера восточного Охотоморского побережья Камчатки». Не понятна разница и необходимость жонглирования терминами «термальные поля», «термопроявления», «гидротермы» и «горячие источники», по сути это совокупность выходов термальных вод на дневную поверхность. Пункт 2.4. «Термопроявления Камбального вулканического хребта» представляется целесообразным назвать иначе, поскольку в нём приводятся особенности геологического строения Камбального хребта. Когда автор пишет о газовом составе, то вариации содержания метана связывает с окислением последнего до CO_2 и H_2O , однако, наличие сероводорода и отсутствие сернистого газа в составе свидетельствует об отсутствии процессов окисления в газовой фазе. Описания гидротермальных систем встречаются как в основных разделах главы, так и отдельно выделено описание гидротермальной активности, не стоило выделять отдельный раздел 2.5 под описание гидротермальных систем, а включить в соответствующие разделы 2.1, 2.2, 2.3 и 2.4.

В **третьей главе** собран фактический материал, а также методики пробоотбора на территории, охваченной гидротермальной деятельностью, пробоподготовки и анализа. Подробно описаны методы отбора воды, твёрдого материала, а также парогазовых струй для дальнейшего определения в них содержания ртути. Полученные автором результаты геохимического опробования подпочвенного горизонта подтверждают высказанное

предположение о трассировке ртутью ослабленных зон, а также о повышении концентрации ртути в более прогретых участках термальных полей. Наиболее высокие концентрации ртути наблюдаются в горных породах, подвергшихся глубокому гидротермальному изменению. Автором впервые проведено систематическое послойное опробование всей толщи глин на различных участках термальных полей, отличающихся физико-химическими режимами разгрузки парогидротерм, с целью определения в них концентраций ртути. Опробование гидротермальных растворов показало весьма неоднородное распределение концентраций ртути в различных типах вод, но её прямая зависимость от температуры сохранилась.

Замечания к главе 3. Диссертанту следовало отделить «методы» от «полученных результатов». Вызывает вопросы применяемая консервация проб воды при отборе – «консервация по количеству капель», всё-таки это не аналитическая величина, следует использовать «миллилитры», «значение рН» или «объёмные проценты».

Четвёртая глава посвящена геохимическим особенностям поведения ртути в современных гидротермальных системах, в которой сравниваются полученные результаты по содержанию ртути (средние значения) в породах, термальных водах и глинистых толщах по всем объектам исследования. В ходе этого сравнения автор приходит к выводу о том, что в пределах современных гидротермальных систем Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района происходит формирование приповерхностных аномалий ртути. Для Камбальной и Кошелевской пародоминирующих систем, во всех средах, характерны содержания ртути в несколько раз выше в сравнении с Паужетской вододоминирующей системой. Этот вывод подтверждает постулат о необходимости наличия газа-носителя (например, пара) для мобилизации и транспорта ртути. Автором приведены данные об определении термоформ ртути в глинах: физически сорбированная, химически сорбированная, минеральная и изоморфная. Для каждого объекта получены данные по разным зонам выщелачивания – углекислотного и сернокислотного. При помощи программного комплекса HCh рассчитаны формы нахождения ртути.

Диссертанту удалось провести уникальные полевые работы на появляющейся термальной площадке. Изучение концентрации ртути на Нижне-Кошелевском Новом термальном поле позволило детально рассмотреть поведение ртути в приповерхностных условиях при формировании и затухании термоаномалии. Для этого на площади поля были пройдены шурфы в центральной и краевой частях, а также проведены площадные наблюдения за поведением ртути в подпочвенном горизонте. В результате сделан вывод о том, что образование термальных полей может являться высоко динамичным процессом, происходящим в течение нескольких лет, и сопровождаться формированием аномалий

ртути. На этапе прогрева происходит обогащение ртутью всего почвенно-пирокластического разреза, а на этапе остывания ртуть мигрирует в верхние горизонты и распространяется за пределы термального поля.

Для оценки объемов концентрирующейся ртути и скорости её накопления на площади крупных термальных полей (Кошелевской и Паужетской гидротермальных систем) соискателем проведены работы по подсчету количества ртути, накопленной в глинистой толще. При этом определялись площадь, объем глинистой толщи и объем накопленной в ней ртути, концентрация ртути в парогазовых струях, разгружающихся на поверхности термального поля, объем выноса пара с поля.

Для установления возможности изменения концентрации ртути, вызванной вулканической активностью, на термальных полях Камбального хребта были поставлены работы по измерению концентрации ртути в термальных водах и конденсатах парогазовых струй на Северо-Камбальном и Южно-Камбальном Центральном термальных полях, в период с 2017 по 2019 годы, – сразу после исторического извержения вулкана Камбальный в 2017 году. Это позволило сделать вывод о том, что наблюдаемое увеличение концентрации ртути в конденсатах парогазовых струй указывает на существование взаимосвязи вулканического и гидротермального процессов в пределах Камбального вулканического хребта.

Замечания к главе 4. Полученные теоретические заключения о формировании киновари в приповерхностных горизонтах было бы неплохо подтвердить фактическими минералогическими находками на сканирующем электронном микроскопе/микронзонде/микротомографе. В результате моделирования соискатель приходит к выводу, свидетельствующему о том, что в системах с CO₂, основной формой миграции является Hg²⁺ (ионная форма), однако ранее в работе указывалось на доминирование атомарной ртути, что, по мнению соискателя, «не противоречит друг другу», тем не менее, следует пояснить этот момент. В пункте 4.4, вероятно, следовало бы выделить два подпункта 4.4.1 и 4.4.2 для Паужетских и Кошелевских термальных полей соответственно.

В результате проведенных исследований А.А. Нуждаевым впервые выполнено систематическое определение концентрации ртути в различных природных средах на термальных полях Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района. В ходе полевых наблюдений зафиксировано редкое природное явление – формирование и исчезновение нового термального поля. Это позволило получить уникальную информацию о накоплении и перераспределении ртути для разных этапов формирования термальных полей. В период выполнения данной работы произошло первое историческое

извержение вулкана Камбальный, результаты работ на котором помогли соискателю установить влияние современного вулканизма на вынос ртути гидротермальной системой Камбального вулканического хребта. Таким образом, А.А. Нуждаевым определены закономерности поступления и накопления ртути в различных средах в условиях современного гидротермального процесса, на примере гидротермальных систем Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района Южной Камчатки. Полученные результаты существенно расширяют имеющиеся представления о характере поступления и распространения ртути в условиях современной гидротермальной активности, дополняют знания о геохимии ртути, ее поведении в гидротермальных условиях, важны для понимания процесса современного рудообразования и оценки объемов поступления и накопления такого токсичного элемента, как ртуть, в районах современной гидротермальной активности Южной Камчатки, что может быть использовано для оценки общего глобального выноса ртути.

Диссертант в течение 15 лет самостоятельно отбирал большую часть проб, проводил описание и наблюдения за состоянием термоаномалий, выполнял пробоподготовку отобранного материала, проводил анализ полученных аналитических данных, а также обобщение материала. Результаты работы докладывались на многочисленных научных конференциях различного уровня (как российских, так и зарубежных), опубликованы в тематических рецензируемых журналах и сборниках совещаний.

В заключении отметим, что высказанные замечания носят дискуссионный характер, не умаляют научной значимости диссертационной работы А.А. Нуждаева и не влияют на высокую её оценку. Диссертационная работа «Поведение ртути в условиях современного гидротермального процесса на примере Паужетской, Камбальной и Кошелевской гидротермальных систем Камчатки» отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а сам Антон Алексеевич Нуждаев заслуживает присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поиска полезных ископаемых.

Отзыв заслушан и утверждён на расширенном заседании лаборатории геохимии гипергенных процессов Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Сведения об организации:

Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Адрес: 690022, Российская Федерация, г. Владивосток, проспект 100-летия Владивостока, 159.

Телефон: +7 (4232) 231-87-50

E-mail: director@fegi.ru, office@fegi.ru

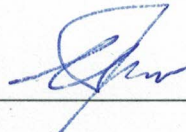
Сайт: <http://www.fegi.ru>

Сведения о составителе отзыва:

Брагин Иван Валерьевич, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, руководитель лаборатории геохимии гипергенных процессов Дальневосточного геологического института ДВО РАН, г. Владивосток, проспект 100-летия Владивостока, 159.

E-mail: bragin_ivan@mail.ru

Я, Брагин Иван Валерьевич, подтверждаю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, их дальнейшую обработку и передачу в соответствии с требованиями Минобрнауки РФ.


И.В. Брагин

