

Отзыв официального оппонента
на диссертацию Зиппы Е.В.
ГЕОХИМИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ПРОВИНЦИИ ЦЗЯНСИ (КИТАЙ),
представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 25.00.07 «Гидрогеология»

В диссертационной работе Зиппы Елены Владимировны представлены результаты исследования подземных вод провинции Цзянси (Юго-Восточный Китай). Здесь широко развиты термальные воды азотного и углекислого типа. В условиях увеличивающейся техногенной нагрузки на состояние окружающей среды все больший интерес вызывают альтернативные – «зеленые» источники энергии, одним из видов которых является подземное тепло Земли. Во многих странах (Исландия, Япония, Турция, Новая Зеландия и др.) эта энергия, так или иначе, уже активно используется. Кроме того, месторождения термоминеральных вод широко используются в бальнеологических и рекреационных целях. Поэтому исследование процессов формирования месторождений термальных вод, геохимических процессов, обеспечивающих особенности их солевого состава и водного баланса, является весьма актуальной задачей.

Особенностью термальных вод провинции Цзянси является широкое развитие не только азотных, но и углекислых термальных вод. У автора была прекрасная возможность исследовать геохимические различия различных типов вод, локализованных в пределах относительно небольшой территории, и дать их сравнительную геохимическую характеристику. Поэтому поставленные в работе цели и задачи весьма **актуальны** в плане понимания механизмов, геологических факторов и процессов, определяющих формирование водного и солевого баланса термальных вод. Кроме того на новой аналитической базе в данной работе получают развитие идеи о взаимосвязи различных по газовому составу термоминеральных вод с глубинными геологическими процессами и конкретными геологическими обстановками.

Важным достоинством работы является то, что в отличие от всех предыдущих выполненных в этом регионе исследований автор попытался дать обоснование процессов и механизмов формирования химического состава терм на базе комплексного их исследования, а также с использованием результатов термодинамических расчетов минеральных равновесий в системе «вода-порода».

Фактологическую основу данной работы составляют результаты полевых и лабораторных исследований в которых автор принимал самое активное личное участие. В ходе этих работ им было обследовано 18 термальных источников, локализованных в различных районах провинции Цзянси и выполнен большой объем изотопно-химических исследований собранной коллекции проб.

Основными научными достижениями автора следует признать исследование поведения форм серы в различных по составу и температуре водах, оценку температур формирования солевого состава и глубин циркуляции вод, а также разработку концептуальной модели их формирования.

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы. Далее работа рассматривается по главам.

Введение

В данном разделе автор в реферативном стиле обосновывает актуальность, цели и задачи данной работы, научную новизну и защищаемые положения.

Замечания по разделу:

1.1. В качестве научной новизны автор предлагает считать обнаружение близкорасположенных выходов термальных вод, отличающихся по газовому составу. Надо заметить, что, судя по информации в главе 1 (Состояние изученности), все это было уже известно до начала исследования.

1.2. В связи с этим (см. 1.1.), автору стоит пояснить, в чем состоит оригинальность 1-го защищаемого положения, если в главе 1 есть ссылки на работы, в которых приведены данные о солевом и газовом составе минеральных вод и закономерностях их локализации.

1.3. Второе защищаемое положение начинается с утверждения, что воды с разным газовым составом (N_2 и CO_2) находятся на разных стадиях эволюционного развития системы вода-порода. Не понятно, что автор понимает под «разными стадиями эволюции». На взгляд рецензента в данном случае вообще нельзя говорить ни о какой эволюции состава, поскольку в одних водопрооявлениях есть источник CO_2 , а в других его нет. Более логично сравнивать уровень эволюции внутри каждой группы в отдельности. Или получается, рассматривая «эволюцию», автор считает, что путем взаимодействия с породами можно из азотной термы получить углекислую?

1.4. В третьем положении автор пишет, что для азотных вод характерно «активное удаление химических элементов из раствора в результате вторичного минералообразования». Терминологически это утверждение неверно, поскольку об удалении элементов из раствора можно говорить только в случае их там изначального присутствия. Однако автор исследует инфильтрационные (изначально маломинерализованные) воды. Поэтому правильнее говорить о перераспределении элементов в результате взаимодействия в системе «вода-порода». Однако данное утверждение должно базироваться не только на результатах термодинамических расчетов, но и на исследованиях вторичных минералов горных пород и гидрохимических данных по источникам, где на каком-либо этапе эти элементы присутствовали. Очень вероятно, что из-за большой скорости циркуляции вод химические реакции, происходящие в силикатной системе, видны только «на бумаге» - в результатах расчетов, базирующихся на равновесной термодинамике.

2. Глава 1 «Состояние изученности...»

В данной главе дается довольно полный литературный обзор проблемы формирования термоминеральных вод, даны ссылки на наиболее важные публикации в данной области. Автор иллюстрирует хорошее знание как классических работ по геологии минеральных вод, так и самых современных исследований.

Правда вызывает некоторое удивление тот факт, что автору, по-видимому, не известны работы В.В.Иванова, внесшего большой вклад в исследование минеральных вод на территории бывшего СССР и разработавшего их генетическую классификацию. Ссылки на его работы в списке литературы отсутствуют.

3. Глава 2. Фактический материал и методы исследований.

В данной главе автор характеризует исходные объекты методы исследования.

Замечания по главе:

3.1 Автор не указывает при описании методики отбора проб на микрокомпоненты, фильтровались и подкислялись ли пробы, предназначенные для определения методом ICP-MS.

3.2 Автор пишет, что определения свободной углекислоты $\text{CO}_2(\text{св.})$ производились титрованием в лабораторных условиях. Надо заметить, что $\text{CO}_2(\text{св.})$ относится к нестойким компонентам и ее концентрация при хранении пробы может меняться, в том числе и в результате активизации микробиологических процессов. Это важный момент, поскольку по данным определения $\text{CO}_{2\text{гр}}$ и HCO_3^- далее оценивалось P_{CO_2} .

3.3 При описании методики термодинамических расчетов автор указывает, что все расчеты проводились при измеренной температуре воды в источнике и атмосферном давлении. Вместе с тем, сделанные в работе оценки температур по гидрохимическим геотермометрам показывают существенно более высокие температуры вод и давлений (учитывая погружение вод на 3-6 км). Вероятно, автору стоило моделировать эволюцию состава воды на нисходящей и восходящей ветвях гидротерм для всего диапазона температур и давлений (до 300-600 атм).

3.4 Автор дает формулы гидрохимических геотермометров, используемых для оценок температур. Во-первых, рецензенту не ясно, почему используются модификации только двух геотермометров – Si и Na-K (Na-K-Ca – это модификация Na-K)? Известно, что в практике расчетов температур по составу воды давно и успешно используются Mg-Li, Na-Li, B, K-Mg-геотермометры. В разделе Методы исследований следовало бы дать обоснование выбора используемых в работе термометров.

3.5 Автор приводит таблицу с координатами точек опробования в формате N 115.92. Это очень грубое обозначение координат, соответствующее примерно по точности минутам. Рекомендую в случае публикации данной работы давать координаты с точностью до 4-5 знака после запятой.

3.6 Автор оценивал высотное положение областей питания источников по опубликованным ранее зависимостям, связывающих значения $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в H_2O атмосферных осадков с абсолютными отметками, на которых они выпадают. Они отражают общие тенденции изменения изотопного состава воды атмосферных осадков, которые следовало бы уточнить опробованием местных водотоков непосредственно в районе работ. В противном случае, оценки абсолютных высот положения областей питания могут содержать значительные погрешности.

4. Глава 3 Природные условия....

В данной главе автор характеризует физико-географические, геологические и гидрогеологические условия исследуемого региона.

Замечания:

4.1 Автор лично опробовал 18 источников и еще использовал опубликованные данные по 11 водопоявлениям (не понятно они дополняли или дублировали эти 18 точек). Вместе с тем, на стр. 32 автор упоминает, что всего в рассматриваемой провинции известно 96 термальных родников. Соответственно возникает вопрос – насколько представительно исследуемые объекты характеризуют все термальные воды данной провинции?

4.2 Из дальнейшего описания (глава 4) следует, что углекислые воды южных районов провинции по изотопному составу CO_2 идентичны газам мантийного генезиса. К

тому же в их газах встречаются высокие значения $^3\text{He}/^4\text{He}$ (до 300×10^{-8}), указывающие на молодую, вероятнее всего, неоген-четвертичную вулканическую активность. В связи с этим стоило как-то обсудить в разделе Геология проблему молодого вулканизма в южных районах провинции или примыкающих к ней районах.

4.3. Автор неоднократно в тексте утверждает, что «выходы азотных терм и термальных вод с повышенным CO_2 располагаются в непосредственной близости (5-50 км)». Вместе с тем, как видно на рис. 3.4 (стр. 29) это совсем не так. Области развития азотных и углекислых терм достаточно четко разобщены. Вблизи азотных проявлений известно только 3 углекислых источника из 17. Кстати, судя по таблицам химических анализов, эти 3 пробы «с повышенным содержанием» CO_2 характеризуются довольно низкими концентрациями иона HCO_3^- и минерализацией – около 500 мг/л. По этим параметрам (за исключением pH и Eh) они скорее напоминают азотные термы. При отсутствии данных о газовом составе этих источников (свободных или воднорастворенных) или данных об изотопном составе углерода в CO_2 остается только полагаться на мнение автора работы.

5. Глава 4 Геохимические особенности термальных вод...

Здесь автор рассматривает результаты лабораторных исследований химического и изотопного состава вод и дает их геохимическую типизацию. Для геохимической типизации вод автор использует значение pH, результаты анализа газовой фазы и определения растворенной CO_2 в воде. Кроме того, автор использует такой параметр, как парциальное давление CO_2 .

Замечания и вопросы по главе:

5.1. В данном разделе вводится термин «термальные воды с повышенным CO_2 ». На взгляд рецензента термин крайне неудачный поскольку в данную группу могут попасть, как воды в газах которых более 90 % CO_2 , так и воды с существенно более низкой концентрацией этого газа (вероятно, первые %). Проблема усугубляется еще и тем, что углекислота может иметь разный генезис (биогенный, метаморфогенный или вулканогенный). Поэтому данный термин весьма туманный (или сама методика типизации изложена неубедительно).

5.2. На рис. 4.1 (диссертации) по мнению автора, наблюдается обратная зависимость между pH и минерализацией воды в азотных термах. Оппонент на этом рисунке видит только три поля точек, которые, по-видимому, нельзя объединять в одну выборку. Причем для одной из групп (нижней) с той же долей фантазии можно предполагать прямую зависимость между pH и Минерализацией. На данном рисунке следовало бы типизировать точки по районам или хотя бы пронумеровать. То же самое (отсутствие статистически значимых трендов) можно сказать о рис. 4.9а. и о некоторых других рисунках данной главы.

5.3. При описании взаимоотношений компонентов солевого состава вод автор использует термин «связь выражена неявно» (стр. 44). Стоит заметить, что данный термин, не имеет ни какого отношения к статистическому описанию парных корреляций.

5.4. Делая вывод о схожести углекислых газов провинции Цзянси с мантийными дериватами по значениям $\delta^{13}\text{C}$ в CO_2 автор почему-то совершенно не упоминает о высоких значениях $^3\text{He}/^4\text{He}$ (от ~ 200 до $\sim 300 (\times 10^{-8})$) в этих газах (эти данные есть в цитируемых в диссертации работах: Sun et. al, 2007). Такие высокие величины $^3\text{He}/^4\text{He}$ в

отличие от значений $\delta^{13}\text{C}$ являются однозначным критерием присутствия мантийных компонентов в газовой фазе. Вероятно, следовало бы проанализировать всю имеющуюся информацию о значениях $^3\text{He}/^4\text{He}$ в газах исследуемого региона.

5.5. Анализируя рис. 4.17 (диаграмма $\delta^{18}\text{O}-\delta^2\text{H}$) автор утверждает, что «Изотопное отклонение у азотных термальных вод и терм с повышенным CO_2 неодинаково» (стр. 61). На рисунке 4.17 это не видно! Отклонение фигуративных точек («кислородный сдвиг») разных групп вод от линии метеорных вод лежат примерно в одной полосе значений.

5.6. Автор, рассматривая причины различий изотопного состава азотных и углекислых вод, по-видимому, неверно оценивает роль CO_2 в формировании изотопных характеристик вод разного состава (стр. 62). Он утверждает, что «В случае азотных терм, восполняющий (за счет взаимодействия с эндогенными силикатами) потери ^{18}O источник отсутствует, поэтому вода азотных терм является более лёгкой, чем терм с повышенным CO_2 ». Не ясно о чем идет речь – о более легком ИС воды (О и Н) азотных терм или меньших значениях наблюдаемого в них «кислородного сдвига» (которого на рисунке 4.17 не видно). Если первое, то автор рассматривает воды довольно сильно географически разобщенных районов – азотные воды группируются в основном на севере, а углекислые на юге провинции. Поэтому наблюдаемые различия вод, скорее всего, отражают различия физико-географических и/или гидрогеологических условий их формирования. А если речь идет о различиях в «кислородном сдвиге», то это надо как-то четко проиллюстрировать. Кстати если автор более внимательно проанализирует изотопный состав 3-х углекислых проб, ближайших к азотным источникам, то различия по изотопному составу водорода будут не столь контрастными (изотопный состав кислорода может быть сильнее искажен вторичными процессами).

5.7. Автор дает оценку абсолютных отметок положения областей питания, исходя из значений $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ и известных зависимостей этих параметров от высотных оценок (рис. 4.18 на стр. 62). Вместе с тем, в предыдущем разделе шла речь о том, что значения $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ могут быть существенно искажены вторичными процессами (образованием глин, взаимодействием с силикатами, карбонатами и CO_2). Возникает вопрос – насколько правомерно давать подобные оценки и как на них влияют процессы взаимодействия в системе «вода-порода». Кроме того, подобные оценки могут быть достоверными только в случае, если мы уверены в незначительном возрасте термальных вод (от первых сотен до первых тысяч лет). Если инфильтрационные воды были более древние (что очень вероятно), и они сильно отличались своими изотопными характеристиками от современной воды, то это будет еще одним источником погрешности оценок высоты. Автор, такие возможности не обсуждает.

5.8. Стоит также отметить, что в этом разделе имело бы смысл обсудить наличие/отсутствие взаимосвязи изотопных (включая значения «кислородного сдвига») и химических характеристик воды, а также их температурных характеристик, включая геотермометры. Если придерживаться логики автора (см. Глава 5), то в процессах взаимодействия вод с породами происходит значительное изменение химических характеристик воды в процессах взаимодействия «вода-порода». Если модели автора верны, то он должен зафиксировать связи $\delta^{18}\text{O}$ или ($d\delta^{18}\text{O}$ – величины кислородного сдвига) с вариациями состава вод и их Si-температурами.

6. Глава 5 Взаимодействие.....(в системе «вода-порода»)

В данной главе рассматриваются результаты расчетов минеральных равновесий исследуемых вод с основными породообразующими минералами.

Замечания по главе:

6.1. Проанализировав индексы насыщения к различным минералам, автор приходит к выводу, что «группа азотных термальных вод находится на более поздней стадии эволюционного развития системы вода-порода, чем термы с повышенным CO_2 ». Мне кажется, что термин «эволюция» подразумевает развитие или преобразование во времени. Но он не применим к генетически различным водам, поскольку, говоря об эволюции, подразумевается изменение состава вод во времени. В случае азотных терм – это будет взаимодействие с седиментационными водами и породами, развитие процессов кольтматации трещин или их тектонического закрытия/раскрытия. В углекислых водах – истощение вулканогенного источника тепла и CO_2 . Таким образом, мы имеем две независимые группы вод, характеризующиеся близкими температурами, но одна группа насыщается CO_2 и, скорее всего, нагревается за счет вулканогенных источников (без всякой эволюции), а другая нет.

6.2. В разделе, посвященном расчетам площадей растворяемых минералов, автор использует в качестве доноров катионов альбит, микроклин, анортит и биотит. При этом почему-то не включает в эти расчеты такие минералы как амфиболы, пироксены и др. Не ясно, насколько сильно возрастает погрешность оценок площадей минеральных фаз в случае не полного их учета, и как будут выглядеть расчеты при наличии нескольких минеральных доноров какого-либо катиона.

7. Глава 6 Формирование состава....

В данном разделе дается оценка температурных условий формирования вод и глубин их циркуляции, а также приводятся концептуальные модели формирования вод разного типа.

Замечания:

7.1. При оценке глубин циркуляции вод с помощью гидрохимических геотермометров автор использует значение градиента температур равное $26\text{ }^\circ\text{C}/\text{км}$ (стр. 83). Однако при описании природных условий автор отмечает что в северных районах значения теплового потока меняются от $57,8$ до $82,1\text{ мВт}/\text{м}^2$, а в южных – он еще выше (стр. 29). Такие значения тепловых потоков могут соответствовать значениям градиента от 25 до $30\text{--}35\text{ град}/\text{км}$ и более, что может привести к корректировке оценок глубин циркуляции вод, даваемых для складчатой зоны рассматриваемой провинции.

7.2. Оценивая энтальпии флюидообразования для азотных терм, автор считает, что отклонение фигуративных точек на графике 6.3 (Si-энтальпия) от расчетных линий насыщения по кварцу связано исключительно с процессами смешения холодных и термальных вод (что не исключено). Однако возникает вопрос – может воды просто не достигли равновесия по кварцу и ни чем не разбавляются? Также автор в данном разделе рассматривает возможность подземного кипения вод и в дальнейшем использует именно эти данные для оценки глубинных температур и глубин циркуляции вод. Подобное предположение лучше подтверждать или результатами газового анализа (фракционированием газов), изотопными характеристиками воды и/или особенностями солевого состава. Надо также заметить, что автор проделал довольно сложные манипуляции с оценками энтальпии азотных терм, но в результате получил диапазон

глубинных температур практически равный оценкам, выполненным по Si-кондуктивному геотермометру. М.б. не следовало так все усложнять?

7.3. Излагая материалы по оценкам базовых температур для углекислых вод, автор почему-то не приводит графиков взаимоотношений измеренных и расчетных t , как это было сделано для азотных вод. В тексте есть упоминание, что «корреляционные связи с температурой разгрузки отсутствуют», но это касается только для одного из Na-K-Ca геотермометров (по Fournier, 1979; Nieva and Nieva, 1987). В связи с этим, не ясно, почему отдается предпочтение другому Na-K-Ca геотермометру по (Кононов, 1983). Позднее (стр. 92) автор пишет, что этот термометр учитывает влияние смещения вод и поступление CO_2 в систему. Однако из оценок энтальпии следует, что число углекислых источников, разбавляемых пресной водой, в сравнении с азотными аналогами существенно меньше. Наверное, было бы целесообразно использовать однотипные (Si) геотермометры для разных типов вод.

7.4. На рис. 6.4 (стр. 90) даются оценки энтальпий для углекислых вод. Не понятно как получено значение для точки Б на этом рисунке. Если проводить линию через точку холодной воды и группу точек, обведенную овалом, то точка Б не может быть получена, т.к. линия пройдет выше линии растворимости кварца.

7.5 Обсуждая роль CO_2 в формировании солевого состава вод и вторичных минералов из них образующихся, автор приходит к выводу, что «... более горячие термы с повышенным CO_2 оказываются менее солёными, но более щелочными (Рисунок 4.9)» (стр. 95). Надо заметить, что на рис. 4.9 (а) (солёность-температура) такой зависимости не наблюдается. При этом автор все эти наблюдения связывает с реакциями в силикатной системе (гидролиз силикатов, образование каолинита и т.п.). Однако почему-то, обсуждая углекислые воды, он совершенно не упоминает о реакциях в карбонатной системе, которые могут оказывать большее влияние на pH.

7.6. В этом разделе автор также предложил концептуальные модели формирования вод различного состава и объясняет эволюцию того или иного типа вод различными взаимодействиями в системе «вода порода». Надо заметить, что совершенно логично было бы рассмотреть в этом разделе термодинамические модели, базирующиеся на концептуальных воззрениях автора и учитывающих реальные P-T условия на глубине.

7.7. На рис. 6.5. (стр. 93) автор представляет концептуальные модели формирования вод разного состава. При этом в моделях, на взгляд оппонента, имеется ряд противоречий. При равных глубинах циркуляции азотных и углекислых вод (приметно от 3 до 6 км) воды резко различаются по значению Eh и примерно в 1.5 раза по высоте областей питания (превышению над областью разгрузки). Таким образом, получается, что азотные воды из-за большего перепада высот должны двигаться быстрее (и меньшее время находиться в толще пород), но при этом они в сравнении с углекислыми почему-то характеризуются восстановительными значениями Eh. По-видимому, при прочих равных условиях значения Eh можно рассматривать как характеристику скорости водообмена или времени нахождения воды в толще пород. Вероятно, проблема в том, что автор не учел наличие вулканогенных тепловых аномалий, по-видимому, существующих в области развития углекислых вод. Если их ввести в модель, то все эти противоречия снимаются, но тогда глубина циркуляции вод при их наличии будет существенно меньше (из-за повышенных тепловых потоков). Автор, разрешая это противоречие, приходит к выводу, что «высокое парциальное давление CO_2 в термах подавляет процесс бактериального

восстановления сульфат-ионов». Надо заметить, что в углекислых минеральных водах других регионов уголекислота вовсе не является антагонистом биогенной сульфат-редукции (появления восстановленных форм серы). Например в районе Кавказских Минеральных Вод (г.Пятигорск) известны серно-углекислые нарзаны, появление которых связывается именно с процессами биогенной сульфат-редукции. Оппонент, также рекомендовал бы диссертанту более внимательно проанализировать особенности газового состава, приводимого по цитируемым работам. В них присутствует Ar, но нет данных по O₂. Теоретически кислорода в пробах может и не быть, но данные, в зависимости от методики анализа, могут приводиться в цитируемых работах как сумма Ar+O₂. Очень возможно, что в углекислых водах присутствует небольшая примесь O₂. На это указывают низкие значения N₂/Ar-коэффициента, которые в 2-4 раза ниже, чем в воднорастворенном воздухе (N₂/Ar_{возд} ~ 40) и в 5-6 раз ниже, чем в азотных термах. Впрочем, относительный дефицит N₂ в углекислых газах может быть следствием и других физико-химических процессов.

Общее замечание по работе касается типизации объектов исследования – азотных и углекислых терм. Из текста работы следует, что автор их объединяет в единый генетический тип вод (термальный), формирующийся по однотипным механизмам, но отличающийся той или иной примесью CO₂. Однако из цитируемой в работе литературы выясняется, что на самом деле автор рассматривает не один, а, скорее всего, два совершенно разных генетических типа термальных вод. При этом геологические факторы, вызывающие их формирование (их термальность), могут принципиально различаться. Азотные воды – это классические трещинно-жильные воды, тепловая активность которых связана с большими глубинами циркуляции, обеспечиваемой наличием трещинных систем и высоким положением областей питания. Этот тип вод характерен для амагматических (платформенных) районов провинции Цзянси (север-северо-запад). Углекислые же воды генетически связаны с областью развития молодого вулканизма, локализованной на юге провинции (она маркируется высокими значениями ³He/⁴He). Термическая активность последних может быть связана с формированием локальных конвективных гидротермальных ячеек, ассоциирующихся с вулканогенными термоаномалиями. Конечно, нельзя полностью исключить и возможности попадания вулканогенной уголекислоты в циркуляционную систему азотных терм, но тогда надо доказывать, что высокие температуры богатых уголекислотой вод не связаны с наличием источников магматогенного тепла. Вероятно, это сделать очень трудно, поскольку ряд признаков углекислых вод, например: положительные значения Eh – признак высокой скорости водообмена, высокие значения ³He/⁴He (индикатор высоких тепловых потоков), а также повышенные значения самих тепловых потоков, наблюдаемые в областях их развития, прямо или косвенно указывают на более высокие скорости движения и меньшие глубины циркуляции углекислых вод. Возможно, рассмотрение этой проблемы могло бы быть предметом самостоятельного защищаемого положения, но в разработанной концептуальной модели автора таким представлениям нет места.

В целом, несмотря на значительное количество замечаний, часть из которых носит уточняющий или редакционный характер, а часть возникла как результат обсуждения

большого объема интересных аналитических данных, необходимо констатировать, что в работе представлены оригинальные материалы, полученные лично автором. Их качество не вызывает сомнений. Содержание автореферата отражает содержание диссертации. Кроме того, автор в данной работе продемонстрировал высокую квалификацию в плане обработки массива гидрогеохимических данных, получил принципиально новые материалы, характеризующие концентрационные и изотопные соотношения форм серы, оценил температуры и глубины формирования вод по изотопно-геохимическим данным, предложил концептуальные модели формирования разнотипных вод и рассмотрел направленности эволюции их состава в процессах взаимодействия в системе «вода-порода». Данная диссертация соответствует всем требованиям п.8, п.9, п.10 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам автор заслуживает присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 «Гидрогеология».

Заместитель директора ГИН РАН
д.г.-м.н.

В.Ю.Лаврушин

Лаврушин Василий Юрьевич
Доктор геолого-минералогических наук
Заместитель директора ГИН РАН,
г.н.с. лаборатории Тепломассопереноса.
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт
Российской академии наук (ГИН РАН)
Адрес: 119017, Россия, Москва, Пыжевский пер. 7. стр. 1,
Сайт: <http://www.ginras.ru>
Тел.: +7(495)-951-99-81
e-mail: y_lavrushin@ginras.ru

Я, Лаврушин Василий Юрьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

05.05.2020

(подпись)