

Отзыв

официального оппонента Копыловой Галины Николаевны, доктора геолого-минералогических наук, доцента, заведующей лабораторией геофизических исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр "Единая геофизическая служба Российской академии наук", Камчатский филиал (КФ ФИЦ ЕГС РАН), 683006, г. Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9, gala@emsd.ru, р.т.+7(4152) 431-849, м.т. +7 961 963 0493, на диссертацию Шестаковой Анастасии Викторовны «Геохимия углекислых минеральных вод Северо-Востока Тувы», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 - Гидрогеология

Общая характеристика работы. Диссертационная работа Шестаковой А.Ю. посвящена исследованию гидрогеохимических особенностей и условий формирования химического состава углекислых минеральных вод Северо-Востока Тувы с использованием большого массива данных аналитических определений макро- и микрокомпонентов минерального и газового состава подземных вод, изотопного состава кислорода, водорода и углерода с применением современных методов обработки и интерпретации гидрогеохимических данных.

Объектами исследования являются углекислые воды на территории природного комплекса «Чойганские минеральные воды» (далее Чойган), и «Северные родники» (далее СР), включающие родники Исвен, Даштыг-Хем, Верхний и Нижний Кадыр-Ос и Соруг. Во время полевых работ в 2013 и в 2016 гг. в районах Чойган и СР соискателем было отобрано 40 проб подземных вод и 26 проб газовой фазы, выполнены измерения температуры воды и концентрации радона.

Диссертация изложена на 148 страницах, в т. ч. 39 рисунков и 20 таблиц; состоит из введения, семи глав и заключения, списка литературы из 121 наименований. В автореферате объемом 22 страницы достаточно полно представлено содержание диссертации, защищаемые положения и их обоснование.

По теме диссертации опубликованы 4 работы в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций, и индексируемых международными базами данных Web of Science и Scopus. Все опубликованные работы написаны в соавторстве, в двух работах Шестакова А.В. является ведущим автором.

Актуальность представленной диссертационной работы не вызывает сомнений, т. к. углекислые воды относятся к категории наиболее ценных минеральных вод, обладающих высоким бальнеологическим потенциалом. При этом вопросы генезиса этих вод и определения источников водной, газовой и минеральной составляющих являются до настоящего времени предметом научной дискуссии, несмотря на достигнутые успехи в области изучения углекислых вод отдельных районов тектоно-магматической активизации, таких как Кавказ, Дальний Восток, Памир, Тянь-Шань и др.

Район исследований – Северо Восток Тувы, обладает хорошими перспективами на углекислые минеральные воды. Вместе с тем, геолого-гидрогеологические и гидрогеохимические работы по их изучению проводились, в основном, в 60-ых гг. XX в. Поэтому обобщение на современном уровне гидрогеохимических, гидрогеологических и геотермических данных по фондовым и опубликованным материалам с привлечением новых данных 2013-2016 гг., полученных с участием соискателя, является важной научной и прикладной задачей.

Целью диссертационной работы является изучение геохимических особенностей и условий формирования химического состава углекислых минеральных вод Северо–Востока Тувы. Для ее достижения выполнялся комплекс научно-исследовательских мероприятий, включающий:

- рассмотрение особенностей химического и газового состава углекислых вод районов работ;
- проведение исследований изотопного состава кислорода, водорода и углерода для установления генезиса воды и углекислого газа;
- оценку состояния термодинамического равновесия подземных вод с минералами водовмещающих пород;
- оценку глубинных температур формирования углекислых вод;
- разработку схемы формирования химического состава углекислых минеральных вод Северо-Востока Тувы.

Фактический материал. Основу работы составляют материалы комплексного гидрогеохимического опробования источников Чойгана и СР в 2013 и в 2016 гг., выполненного с участием соискателя, а также фондовые и литературные данные.

Методика исследования включала:

- полевое обследование очагов разгрузки минеральных углекислых вод с измерениями температуры воды и концентрации радона, отбором проб воды и газа на определение макро-и микрокомпонентного состава и изотопного состава кислорода, водорода и углерода с последующим анализом проб в аккредитованных химических лабораториях гг. Томска, Санкт-Петербурга и Новосибирска;
- обработку результатов аналитических определений с использованием известных программных комплексов PHREEQC (оценка насыщенности вод первичными и вторичными минералами водовмещающих пород) и GWB (визуализация результатов аналитических определений и расчетов индексов насыщенности подземных вод минералами водовмещающих пород SI);
- применение гидрогеохимических геотермометров (кварцевых и Na–K–Ca) и расчетов индексов насыщения вод отдельных источников несколькими минералами в диапазоне температур 0–200 °С для оценки глубинных температур формирования химического состава изучаемых вод;
- обработку данных по изотопии кислорода, водорода и углерода для оценки генезиса воды и углекислого газа и определения абсолютных отметок области инфильтрационного питания углекислых вод;
- комплексная интерпретация данных аналитических определений состава воды и газа, результатов расчетов глубинных температур, минеральных равновесий в системах вода – минералы водовмещающих пород и других данных в рамках схемы формирования химического состава углекислых вод района исследований – Северо-Востока Тувы.

На защиту вынесены три защищаемых положения.

Первое защищаемое положение: *Углекислые воды северо-востока Тувы приурочены к активным зонам разрывных нарушений, по которым в водоносные системы поступает природный газ в свободной форме, представленный преимущественно CO₂ (87–97 об.%), и содержащий Rn в количестве от 4 до 948 Бк/л. В составе растворенного газа кроме CO₂ (12–65 об.%) присутствуют газы атмосферного генезиса N₂ (2,5–70 об.%) и O₂ (0,6–18 об.%).*

Для обоснования этого положения соискателем рассмотрены геолого-тектонические условия районов работ и приведены данные о расположении наиболее крупных глубинных разломов. Показано, что источники Чойгана и СР находятся вблизи таких разломов. С использованием литературных и новых данных о составе свободного и растворенного газа в источниках Чойган и СР, а также данных о концентрациях радона,

автором сделано обоснованное обобщение относительно газового состава углекислых минеральных вод северо-востока Тувы.

Вместе с тем, в первом защищаемом положении используются термины и утверждения, которые не раскрыты автором в необходимой степени (выделены жирным шрифтом, см. выше). В частности, не ясно, что понимает автор под такими понятиями как (1) «активные зоны разрывных нарушений» и (2) «водоносные системы»; неверным представляется утверждение о том, что природный газ поступает в водоносные системы в свободной форме (3).

По (1). В геологической литературе обычно используется термин «активные разломы», полагая, что по таким разломам в новейшее время происходили подвижки и такие подвижки можно ожидать в ближайшее время (Флоренсов, Рогожин, Шерман и др.). Для оценки активности разломов применяются сейсмологические и палеосейсмологические данные. Такие данные автором в диссертации не приводятся и не рассматриваются.

По (2). Для раскрытия понятия «водоносные системы» в отношении углекислых минеральных вод Северо-Востока Тувы необходимо детальное рассмотрение гидрогеологических условий районов Чойгана, и СР, что в диссертационной работе не сделано. В диссертации отсутствуют данные и разделы, характеризующие гидрогеологические условия районов работ в части строения гидрогеологического разреза, распространенности основных водоносных горизонтов и комплексов, а также гидрогеологической роли разрывных нарушений.

По (3). В диссертации показано, что обогащение углекислым газом нагретых в региональном тепловом поле инфильтрационных вод в зонах разломов происходит на глубинах до первых км. С глубиной происходит рост давления и повышение температуры воды до семидесяти - ста градусов С. Как известно, растворимость углекислого газа с ростом давления увеличивается, и он находится в глубинных условиях преимущественно в растворенном состоянии. При повышении температуры растворимость CO_2 уменьшается. При разгрузке углекислых вод в приповерхностных условиях давление понижается, и углекислый газ переходит из растворенного состояния в свободное. Проявлениями этого процесса являются газифицирующие источники на земной поверхности.

Вышесказанное относится к общей схеме формирования фазового состояния природного газа в углекислых подземных водах. Для районов Чойгана и СР также можно ожидать, по аналогии с другими районами распространения углекислых вод, что на глубине углекислый газ находится в растворенном состоянии. Для более определенной оценки его фазового состояния по глубине можно было бы провести соответствующие расчеты, что в диссертационном исследовании не сделано.

Таким образом, первое защищаемое положение оценивается нами как частично обоснованное. Его формулировка требует от автора диссертации пояснений по трем указанным выше позициям.

Второе защищаемое положение: *В областях проявления новейшего вулканизма на северо-востоке Тувы выделяются две группы углекислых родников. Первая группа включает термальные и холодные воды, разгружающиеся на абсолютных отметках 1500–1600 м, а вторая группа – холодные родники, расположенные на отметках 1600–1800 м. На основе результатов расчета геотермометров и равновесия вод с вторичными минералами установлено, что глубинная температура формирования вод первой группы составляет в среднем 100°C для термальных и 72°C для холодных, а для вод второй группы – 91°C.*

Для обоснования этого положения в диссертации приводятся данные о проявлениях новейшего базальтового вулканизма на территории Тувы, описания источников углекислых минеральных вод по литературным и фондовым материалам, данные полевых исследований, а также данные по химическому составу воды и газа.

Определения координат и абсолютных отметок источников проводились с использованием GPS. При разделении углекислых вод на холодные и термальные используется традиционная классификация подземных вод по температуре – до 20 °С – холодные, выше 20 °С – термальные подземные воды.

Для оценки глубинных температур формирования состава углекислых вод обоснованно применены кварцевые (Fournier and Potter, 1982) и Na–K–Ca геотермометры (Fournier and Truesdell, 1973). По ним получены сопоставимые результаты. При этом из рассмотрения исключены завышенные оценки глубинных температур по Na–K геотермометру. Для подтверждения величин глубинных температур по геотермометрам применен дополнительный метод [Reed et. al., 1984], широко используемый в последние годы [Wishart, 2015; Baioumy, 2015]. Этот метод основан на расчёте индексов насыщения вод отдельных источников различными минералами (SI) при температурах от 0 до 200 °С. Если значения SI по нескольким минералам и при заданных температурах близки к нулю (близравновесные условия насыщения подземной воды), то соответствующие величины температуры принимаются в качестве наиболее вероятной «глубинной» температуры формирования химического состава вод. В результате были получены сопоставимые оценки с данными расчетов по геотермометрам.

Таким образом, второе защищаемое положение полностью обосновано и имеет несомненную научную новизну в части оценки глубинных температур формирования химического состава углекислых минеральных вод районов Чойган и СР на Северо-Востоке Тувы.

Третье защищаемое положение: *Углекислые воды северо-востока Тувы имеют инфильтрационное происхождение. Атмосферные осадки поступают в гидрогеологическую систему в области питания, проникают по разломам до глубины 3–4 км, нагреваются, обогащаются химическими элементами за счет растворения горных пород и поступления CO₂ преимущественно метаморфогенного, реже мантийного генезиса.*

Для обоснования третьего защищаемого положения используются:

- данные определений изотопов кислорода-18 и дейтерия в воде источников Чойгана для оценки инфильтрационного генезиса воды и высоты области питания углекислых вод;

- литературные данные о величинах теплового потока и геотермического градиента в районе, с использованием которых оценены глубины формирования углекислых вод;

- данные по изотопии углерода-13 для оценки генезиса углекислого газа.

В качестве обобщения результатов исследования предложена схема формирования химического состава углекислых вод района. Отметим, что автором широко привлекаются и практически используются опубликованные материалы по современным методам обработки и интерпретации изотопных данных, а также данные по изотопии углерода и результаты оценок других авторов в отношении генезиса углекислых вод района за счет термометаморфизма [Оргильянов и др., 2015; Плюснин, 2007].

Вместе с тем, вывод автора о присутствии углекислого газа «мантийного» генезиса имеет характер научной гипотезы, но не установленного научного факта. О неопределенности термина «гидрогеологическая система» см. выше при обсуждении первого защищаемого положения.

В целом, третье защищаемое положение обосновано в достаточной степени.

Замечания

1. Структура диссертационной работы несовершенна. Объем глав неравномерный – от 3 до 54 страниц. Во всех главах в конце отсутствуют выводы.

В главе 2 дается описание природных условий не районов работ - Чойган и СР, а Тувы в целом. На обзорных геологических, гидрогеологических и др. схемах работ Чойган

и СР не показаны. Не приводится описание геологических и гидрогеологических условий районов Чойган и СР.

В Главе 3 – Методика исследований объемом 3 стр. описывается методика пробоотбора и общая характеристика аналитических определений компонентов состава воды и газа. Другие методические вопросы исследования излагаются в других главах.

Глава 4 - Геохимия углекислых вод Северо-Востока Тувы повторяет название диссертационной работы. Фактически в этой главе приводится характеристика гидрогеохимических особенностей подземных вод Чойгана и СР, их макро-, микрокомпонентного и газового состава.

Не ясно, почему автор для характеристики химического состава вод Чойгана и СР использует различные диаграммы (Дурова, Шопера).

Вызывает недоумение отсутствие диаграммы, на которой были бы показаны совместно данные по Чойгану и по СР, а также отсутствие новых определений свободного газа в источниках Чойган.

В Главе 7 Формирование химического состава углекислых вод объемом 4 стр. фактически представлена лишь схема формирования... на рис. 7.1, к которой имеются ряд вопросов и замечаний (см. ниже).

2. Для текста диссертации и графических материалов характерна небрежность.

В тексте имеется много ошибок орфографического и стилистического характера. Ряд упоминаемых географических и геологических объектов не показаны на рисунках. Подрисуночные подписи отражают содержание рисунков не полностью.

То же самое замечание относится и к оформлению автореферата.

Например, по рис. 2 не дается пояснение, что означают цифры по горизонтальной шкале. По рис. 3 не ясно, что означает R^2 . Если это – коэффициент детерминации линейной функции связи двух величин, то почему он показан с точностью до четвертого знака после запятой? В диссертации на других рисунках R^2 показан с точностью до второго знака после запятой (это является общепринятым).

На диаграммах рис. 6 и рис. 7 используются слишком мелкие надписи. В подрисуночной подписи к рис. 7 не объясняется, что означают стрелки.

Рис. 8 – Схема формирования химического состава углекислых вод Северо-Востока Тувы, недостаточно проработана. Например, условным обозначением 2 показано движение холодных подземных вод исключительно от области питания вод углекислых вод вниз по разломам. А как же происходит движение холодных вод в зоне экзогенной трещиноватости скальных горных пород и в других фрагментах гидрогеологического разреза?

Стрелками (знак 4) показан тепловой поток в нижней части рисунка на границе с областью, выделенной красным цветом (что это такое – не объясняется). Если знак 4 показывает кондуктивный тепловой поток, то он имеется повсеместно. Если же это – конвективный тепловой поток, то чем он обусловлен? Возникает закономерный вопрос – что понимает автор под «тепловым потоком»?

Заключение

В рассмотренной диссертации выполнено комплексное исследование вещественного состава углекислых минеральных вод Северо-Востока Тувы на новом аналитическом и методическом уровне:

- впервые получены данные по микрокомпонентному составу вод и по редкоземельным элементам, по изотопному составу кислорода и водорода воды с определением ее метеорного генезиса и абсолютных высот областей питания;

- впервые оценены «глубинные» температуры формирования химического состава углекислых вод района и сделаны оценки таких глубин в 3-4 км;

- предложена схема формирования химического состава углекислых вод Северо-Востока Тувы, обобщающая многочисленные гидрогеохимические данные и построения автора в отношении оценок глубинных температур и взаимодействия в системах «вода – минералы водовмещающих пород».

Несмотря на высказанные выше замечания, диссертационная работа Шестаковой А.В. может рассматриваться как законченное научное исследование, выполненное лично соискателем, и вносящее существенный вклад в развитие гидрогеохимии углекислых минеральных вод.

Диссертация «Геохимия углекислых минеральных вод Северо-Востока Тувы» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям «Положением о порядке присуждения ученых степеней» и требованиям, установленным ВАК РФ, а ее автор Шестакова Анастасия Викторовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 – Гидрогеология.

Официальный оппонент

Копылова Галина Николаевна,
заведующая лабораторией КФ ФИЦ ЕГС РАН,
д. г.-м. н. по специальности 25.00.07 - Гидрогеология,
доцент по специальности 25.00.07 – Гидрогеология

Я, Копылова Галина Николаевна, автор отзыва официального оппонента, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

30 ноября 2018 г.



Г.Н. Копылова



С РАН
а