

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор
Федерального
государственного
бюджетного учреждения науки
Институт морской геологии
и геофизики Дальневосточного
отделения Российской
академии наук


д.ф.-м.н. Л.М. Богомолов
« 13 » сентября 2023 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Кузьминой Елены Александровны «Взаимосвязь азотных термальных вод и разломной тектоники Баргузино-Баунтовской ветви впадин Байкальской рифтовой системы», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6. Гидрогеология.

Диссертационная работа Е.А. Кузьминой посвящена изучению закономерностей формирования азотных термальных источников Баргузино-Баунтовской ветви впадин, в том числе анализу влияния сейсмически активной разломной тектоники на пространственное распределение, количество, температуру и химический состав современных гидротерм. Диссертация состоит из введения, постановки проблемы, четырех глав, заключения, списка литературы (более 440 наименований) и приложения, включая 18 таблиц и 49 иллюстраций, из которых 5 таблиц и 3 иллюстрации содержится в приложении. Общий объем диссертации составляет 230 страниц печатного текста, из которых 49 страниц занимает приложение.

По теме диссертации опубликовано 23 работы, в том числе 5 в журналах из перечня ВАК. Материалы диссертационной работы были представлены на 17 научных

конференциях и совещаниях, включая международные. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Цель работы состояла в выявлении закономерностей формирования азотных термальных вод Баргузино-Баунтовской ветви впадин Байкальской рифтовой системы. Сформулированная цель согласована с поставленными задачами.

Актуальность работы определяется необходимостью описания и понимания проявлений связи между различными характеристиками флюидных систем и параметрами разломной тектоники, а также с процессами подготовки и реализации землетрясений. Особенно важно определение количественных закономерностей этих связей.

Научная новизна работы заключается в определении статистических закономерностей связи состава и температуры термальных вод, тектонических и сейсмических процессов, которые получены автором впервые для исследуемого региона. Автором также впервые выполнено физико-химическое моделирование термальных источников Баргузино-Баунтовской ветви впадин для решения дискуссионного вопроса, касающегося глубины источника поступления некоторых химических элементов.

Практическая значимость исследования обусловлена перспективами использования термальных источников как бальнеологических ресурсов и как индикаторов скрытого оруденения, а также получением дополнительных признаков для вероятностного прогноза мест возникновения роев землетрясений,

Достоверность полученных результатов обеспечивается полевыми материалами, использованием методов статистического анализа и физико-химического моделирования состава термальных вод.

По результатам исследования автором сформулировано три защищаемых положения:

1) Количество выходов современных гидротерм и их температура зависят от степени раздробленности земной коры активными разломами. Зонам пониженной плотности активных разломов свойственны редкие более горячие выходы термальных вод, а повышенной плотности – большее количество менее горячих выходов гидротерм.

2) Максимальное количество роёв землетрясений и термальных источников района Баргузино-Баунтовской ветви впадин приурочено к зонам повышенной

нарушенности земной коры активными разломами, характерным для границ консолидированных блоков земной коры.

3) Исследование состава растворов, формирующихся в процессе физико-химических взаимодействий воды с породами кислого и основного состава, показало, что содержание в термах установленных количеств серы, хлора и фтора не может обеспечиваться водовмещающими породами, а предполагает дополнительный источник их привноса из астеносферы по глубоким разломам.

В первой главе диссертации изложен общий обзор гидрогеологических исследований Байкальской рифтовой системы. Перечислены исследователи, внесшие большой вклад в изучение данной территории, а также указаны их взгляды по самому широкому кругу вопросов, включая происхождение азота, фтора, хлора, серы в термальных источниках.

Во второй главе диссертации приведена подробная характеристика района исследований: природные условия, геологическое строение и геодинамическая эволюция (включая активные разломы, вулканизм и сейсмичность), существующие точки зрения на глубинные источники формирования Байкальской рифтовой системы.

В третьей главе диссертации по литературным данным подробно рассмотрены гидрогеологические структуры исследуемого региона и соответствующие им подземные воды (тип воды, минерализация, дебит, литология и возраст водоносных пород и т.п.).

В четвертой, самой большой, главе диссертации изложены установленные автором закономерности формирования исследуемых термальных вод. Проведен статистический анализ взаимосвязи степени нарушенности земной коры активными разломами с параметрами термальных вод – количеством и температурой термальных источников. Установлено, что существует положительная корреляция между плотностью активных разломов и количеством гидротерм и отрицательная корреляция между плотностью активных разломов и температурой гидротерм. Сделан вывод о том, что горячие термальные источники преобладают в зонах с низкой плотностью разломов, поскольку процессы разбавления (рассеяния) здесь менее интенсивны, и, следовательно, выше сохранность тепла. Более плотная сеть разломов обеспечивает лучшую водопроницаемость и в таких условиях термальная вода более интенсивно рассеивает тепло, смешиваясь с артезианскими и грунтовыми водами, поэтому на поверхности в наиболее трещиноватых зонах наблюдается большее количество

термальных источников с более низкой температурой. Автором продемонстрировано, что для исследуемого региона существует некоторая оптимальная плотность активных разломов, для которой наиболее характерны именно рои землетрясений. Тогда как сильные землетрясения чаще происходят на участках с более низкой плотностью разломов. Соответственно автор выделяет область тектонической активности с определенной плотностью разломов, для которой характерно одновременное проявление гидротермальной и роевой сейсмической активности. С помощью физико-химического моделирования реконструирован процесс формирования химического состава термальной воды при взаимодействии атмосферной воды с магматическими (гранитами, базитами) и осадочными породами. Рассчитанный равновесный состав термальных вод соответствует наблюдаемому составу только в том случае, когда существует дополнительный источник хлора, серы и фтора. Сделан вывод, что эти химические элементы поступают в гидротермальный раствор в форме газовых эманаций из мантии.

Таким образом, можно отметить не очень удачный подход к выбору структуры диссертации. Фактически первая, вторая и третья главы могут быть объединены по своему смыслу в одну главу – анализ литературы по соответствующей проблематике и характеристика исследуемого региона. Все три защищаемых положения в своей доказательной базе опираются на данные приведенные только в четвертой главе диссертации, объем которой чуть больше, чем совокупный объем первых трех глав.

Можно добавить также следующие замечания по диссертационной работе.

Несмотря на очень обширный список использованной литературы, результаты диссертационного исследования плохо вписаны в контекст мировой науки: практически не анализируются схожие закономерности в других регионах, методические подходы и варианты интерпретации других исследователей, занимающихся близкой проблематикой.

Подход, основанный на подсчете плотности разломов, предполагает, что все разломы являются равнозначными друг другу. Между тем разные разломы могут иметь разную зону влияния.

Имеются определенные недостатки в математической обработке данных и оформлении полученных результатов. Разные корреляционные зависимости показаны для палеток разного масштаба. Возникает вопрос, а как меняются одни и те же зависимости при переходе к палетке другого масштаба? Выбор автором палетки с

размером ячейки $1 \times 1^\circ$ объясняется попаданием в ячейку достаточного количества термальных источников для построения корреляционных зависимостей, но при этом отмечается, что имеет место слишком большое осреднение плотности активных разломов. Достоинством палетки с размером ячейки $0.37 \times 0.37^\circ$ по словам автора является, напротив, получение значений плотности активных разломов удобных для проведения количественного анализа, а недостатком – низкие значения количества термальных источников. Почему нельзя было подобрать какой-то промежуточный размер ячейки (со стороной более 0.37° , но менее 1°) и работать только с ним? Вообще говоря, автору следовало бы исследовать как будут меняться искомые коэффициенты корреляции в зависимости от выбора размера ячеек. Автором указано, что для ячеек палетки использовалось наложение 50%. И, например, указано также, что «значения плотности активных разломов получены с использованием палетки с размером ячейки $1 \times 1^\circ$ и с перекрытием (шагом) 0.5° ». Однако автор проводит свой анализ не с линейными, а площадными величинами. Поэтому, например, увеличение стороны ячейки на 50% приводит к увеличению площади ячейки более чем в 2 раза (на 125%). Представляется, что такое большое перекрытие является излишним, при котором одни и те же разломы и термальные источники учитываются многократно. Поэтому используемая автором палетка, например, с размером ячеек $0.37 \times 0.37^\circ$ по своей общей площади равна площади 58 ячеек, но из-за излишнего перекрытия при расчётах фигурирует около 300 ячеек (сумма по гистограмме распределения на рис. 4.2.5, А). Источников, в расчётах, согласно графику на рис. 4.2.3, фигурирует около 135. Тогда как на самой площади исследования, указанной на рис. 4.2.1, можно насчитать менее 40 источников. Автору необходимо понимать, что при манипуляциях с данными в процессе их обработки важно не привести артефакт – искусственную закономерность, которая на самом деле отсутствует в природе. Первичные данные (например, из рис. 4.2.1) показывают нам, что многие ячейки, в том числе с высокой плотностью разломов, не содержат ни одного термального источника. Видно также, что существует некоторое пороговое значение плотности разломов, ниже которого в ячейке нет ни одного источника. Хотелось бы видеть какие-то рассуждения автора диссертации по этому поводу. Если на построенных автором графиках (например, на рис. 4.2.3) поставить точки со значением количества источников в ячейке равным нулю, т.е. учитывать ячейки, в которых нет источников, то вполне возможно, что корреляция «развалится». Это же касается и анализа автором связи между другими

рассматриваемыми в работе параметрами, например, количества роев землетрясений и плотностью разломов. Хотелось бы также, чтобы автор озадачился вопросом определения вероятности наличия источников в ячейке с разной плотностью разломов. Если получить соответствующую функцию, то с ее помощью можно было бы находить вероятность наличия источников в ячейке, зная плотность разломов в ячейке. Необходимо отметить также, что при чтении диссертации постоянно возникает ощущение, что в разных частях диссертации автор приводит разные числа. Это касается, например, количества термальных источников в табл. 4.3.1 и на рис. 4.2.5. Б. Поскольку автор диссертации не показывает никаких промежуточных расчетов, то проверить их точность не представляется возможным, можно только сделать приблизительные оценки.

Декларируемое автором смешение термальных вод с грунтовыми водами (как одной из причин наличия низкотемпературных источников) должно находить отражение в химическом составе источников. Соответственно должны наблюдаться корреляции между химическим составом и температурой в источниках. Кроме того, автор использует в своей работе такой метод как физико-химическое моделирование. Представляется, что это тот инструмент, с помощью которого как раз и можно было бы оценить интенсивность заявленного автором процесса разбавления термальных вод поверхностными водами.

По результатам физико-химического моделирования автор диссертации приходит к выводу о глубинных источниках поступления серы, хлора и фтора в форме газовых эманаций из мантии. Однако автор почему-то ничего не говорит о том, в каких количествах согласно рассматриваемой модели должны поступать глубинные газы в гидротермальные системы, чтобы обеспечить наблюдаемые концентрации этих химических элементов в термальных водах? Насколько реалистичными были бы такие модельные оценки, если такие расчеты сделать?

Из таблиц в приложении видна вариабельность химического состава каждого источника (опробования, выполненные разными исследователями в разные годы), но состав по физико-химическому моделированию подбирается только к тому числу, которое получил автор при своем опробовании. Непонятно насколько будут устойчивы результаты моделирования в наблюдаемом диапазоне изменчивости химического состава источников.

Высказанные замечания отражают высокий интерес к результатам диссертационной работы, их значимость и оригинальность, а также демонстрируют большой потенциал соискателя для дальнейших исследований. Принимая во внимание практическую значимость работы и наличие публикаций в рецензируемых журналах, несмотря на замечания, можно сделать вывод: диссертация: «Взаимосвязь азотных термальных вод и разломной тектоники Баргузино-Баунтовской ветви впадин Байкальской рифтовой системы» отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор – КУЗЬМИНА Елена Александровна достойна искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6. Гидрогеология.

Отзыв на диссертацию Е.А. Кузьминой обсужден на заседании Ученого совета ИМГиГ ДВО РАН и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации (протокол № 6 от 13 сентября 2023 г.).

Ведущий научный сотрудник,
руководитель лаборатории геохимии
и региональной геологии ИМГиГ ДВО РАН,
кандидат физ.-мат. наук



Ершов Валерий Валерьевич

Сведения об организации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН)

693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б

Телефон: +7 (4242) 791-517

E-mail: nauka@imgg.ru