

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата географических наук Чернявского Михаила Константиновича 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»

Диссертация Е.А. Кузьминой посвящена оценке влияния активной тектоники на формирование гидротерм, в том числе на их количество, температуру и состав. **Целью работы** является выявление закономерностей образования термальных вод, что позволяет установить генезис их химического состава. **Актуальность** темы диссертационной работы определяется тем, что получение новых данных о процессах, происходящих в литосфере, дает более полную картину геологической обстановки исследуемой территории.

Результаты диссертационного исследования представляют интерес, как в фундаментальном плане, так и для решения прикладных задач. **Научная новизна** определяется проведением количественной оценки связи сейсмоактивных разломов и термальных источников. С помощью построения физико-химических моделей автором получены результаты, свидетельствующие, по мнению автора, в пользу глубинного источника поступления химических элементов в воду гидротерм. **Практическая значимость** работы заключается в апробации освоенной автором статистической методики расчетов для установления мест возможного проявления роев землетрясений, а также термодинамических моделей как репера для термальных источников других регионов.

Достоверность изложенных в работе результатов исследования подтверждается литературными источниками по теме диссертации. Основные положения диссертации представлены в рецензируемых научных журналах, входящих в список ВАК и WoS.

Диссертация общим объемом 230 страниц печатного текста (18 таблиц, 49 иллюстраций, из которых в приложении содержится 5 таблиц и 3 иллюстрации), состоит из введения, четырех глав, заключения, литературы (использованная литература, фондовый материал и опубликованные работы, в целом 473 наименований) и приложений.

Во **введении** обосновывается актуальность диссертационной работы, описывается район, обозначаются объект и предмет исследования, приводится развернутый обзор изученности проблемы, определяются цель и задачи работы, аргументируются научная новизна и практическая значимость, формулируются защищаемые положения. В разделе «**Постановка проблемы**» затрагивается вопрос о природе поступления микроэлементов в термальные источники региона, который остается до сих пор открытым. С генезисом химического состава современных гидротерм непосредственно связаны активные разломы, обеспечивающие циркуляцию термальных вод в земных недрах, их роль в процессе поступления химических элементов в гидротермы, а также сейсмичность, влияющая на режим термальных вод за счет изменения напряженно-деформированного состояния водонасыщенных горных пород. Для установления источника поступления химических элементов в гидротермы Баргузино-Баунтовской ветви впадин рассматривается возможность применения ФХМ с использованием программного комплекса (ПК) «Селектор». В **главе 1** «Обзор гидрогеологических исследований региона» приводится широкий литературный обзор по геологии, неотектонике, сейсмичности, а также геотермическим, структурно-гидрогеологическим исследованиям и изучению термальных вод с помощью ФХМ. Рассмотрены разные научные точки зрения о формировании химического состава азотных термальных источников и природе поступления в эти термы фтора, хлора, серы и азота. **Глава 2** «Характеристика района исследования» состоит из подглав: 2.1. «Природные условия; 2.2. «Геологическое

строение и геодинамическая эволюция» (приведено описание докайнозойской эволюции региона (подглава 2.2.1), основных неотектонических структур (подглава 2.2.2), активных разломов (подглава 2.2.3), вулканизма (подглава 2.2.4)); 2.3. «Сейсмичность»; 2.4. «Глубинные источники формирования неотектонической структуры». В главе 3 «Подземные воды основных типов гидрогеологических структур» описываются гидрогеологические структуры (гидрогеологические массивы и бассейны, обводненные разломы) и структурно-гидрогеологический принцип их выделения. В главе 4 «Закономерности формирования термальных вод», подглаве 4.1 «Гидрогеологические модели», на основании существующих гипотез о формировании азотных терм в пределах БРС рассматриваются две модели поступления химических элементов в воду термальных источников. Первая гипотеза исключает привнос в воду термальных источников элементов из мантии и объясняет поступление химических элементов выщелачиванием вмещающих пород земной коры. [Шварцев и др., 2015б]. Согласно второй гипотезе, атмосферные воды, по зонам разломов, проникают на глубины 5–6 км, где смешиваются с поступающими снизу флюидами, тем самым формируя химический состав воды современных гидротерм [Ломоносов, 1974]. В данной работе предпринята попытка выявить вероятную статистическую связь степени нарушенности земной коры активными разломами с естественными выходами термальных вод. В связи с этим, рассчитаны корреляционные зависимости плотности активных разломов с температурой и количеством современных гидротерм (подглава 4.2 «Соотношение азотных термальных водопроявлений и плотности активных разломов»). В подглаве 4.3 «Соотношение распределений азотных термальных вод и сейсмичности по плотности активных разломов» приведены результаты сопоставления пространственного распределения гидротерм и сейсмичности. Выявлены закономерности распределения гидротерм, сейсмических событий различной силы и роев землетрясений по плотности разломов. Поскольку существуют разные гипотезы о генезисе некоторых химических элементов, таких как, серы, хлора, фтора, в подглаве 4.4 «Физико-химическое моделирование» приведено формирование химического состава термальных источников при участии осадочных, магматических пород (гранитов и базитов) и водно-газового флюида. Формирование химического состава термальных источников зависит от того, в каких условиях происходит это формирование. В связи с этим, в подглаве 4.5 «Условия формирования состава азотных термальных вод» рассмотрены геолого-структурные особенности территории, природные факторы (количество осадков, рельеф местности, характер водовмещающих пород и покровных отложений, взаимодействие термальных вод с поверхностными водами) и процессы (гидролиз силикатов, растворение и выщелачивание пород, растворение CO_2 и образование HCO_3^- , дегазация терм, кристаллизация солей, образование сульфидов металлов, ионный обмен, восстановление сульфатов, смешение термальных вод с водами верхней гидродинамической зоны). В подглаве 4.6 «Взаимосвязи разломной тектоники и формирования азотных термальных вод в условиях рифтогенеза» обобщаются полученные закономерности взаимосвязи термальных вод с разломной тектоникой, с сейсмичностью, а также результаты ФХМ, на основании чего, с учетом ряда факторов описывается последовательность формирования химического состава воды термальных источников. В заключении сформулированы основные результаты исследований.

Замечания по диссертационной работе:

1) В главе 2, где рассматривается характеристика района исследования (раскрываются темы о природных условиях региона, о его геологическом строении и геодинамической эволюции), в общем описании сейсмичности (подглава Сейсмичность, стр. 41), отсутствуют обобщенные данные о глубинах гипоцентров на исследуемой территории.

2) В главе 3, детально описывающей гидрогеологическую обстановку территории (структурно-гидрогеологическое районирование территории и гидрогеологические структуры – гидрогеологические бассейны, массивы и обводненные разломы), отмечен недостаток – в формулах Курлова (стр. 67-68) отсутствуют данные о температуре источников. Желательно указывать температуру, иначе непонятно к холодным или термальным трещинно-жильным водам относятся вышеприведенные формулы.

3) В главе 4, с приведением разных моделей формирования азотных терм в пределах БРС и статистического подхода в оценке степени влияния разломной тектоники на термальные источники, отмечаются следующие недостатки в работе:

а) стр.73, внизу – не указано авторство классификации термальных источников в зависимости от химического состава (*классификация Ломоносова, 1974*), отсутствует Питателевский тип – источник Кулиные болота;

б) на рисунках: 4.2.1.А, Б (стр. 79–80), 4.3.1.А, Б (стр. 87–88) не указан термальный источник Сухая (Зага) в дельте р.Селенги;

в) термальные источники – это гидротермы, вышедшие из глубин Земли на ее поверхность и имеющие температуру выше человеческого тела (т.е. гидротермы имеют температуру от 36 °С? Тогда Алгинский и некоторые другие источники к термальным не относятся? Противоречие стр. 9 со стр. 67).

г) не совсем понятно, почему для физико-химического моделирования были выбраны именно эти четыре термальных источника (Алгинский, Аллинский, Сеюйский, Умхэйский)?

д) стр.99 – в описании Аллинского источника отсутствует информация о диапазоне температур термальной воды в разных выходах, желательно было указать;

е) стр.100 – начало описания Умхэйского источника, отсутствует название райцентра;

ж) стр.127 – условия разгрузки источников. Не указано, что выходы Аллинского источника разбавляются водой р.Алла;

з) стр. 131 – существует ли р. Алга в настоящее время? Судя по космоснимкам Bing, похоже, что нет;

и) Таблица 4 в Приложении – из-за большой разницы температур воды в различных выходах, стоило разделить информацию про Аллинский источник - на право- и левобережный.

к) стр. 213 в Приложении – Давшинский источник выходит на территории Баргузинского заповедника, а не Давшинского.

л) Приложение – Аллинский, Большереченский, Гаргинский, Кучигерский, Сеюйский, Умхэйский источники находятся в Курумканском районе, а не в Баргузинском.

4) Нужно отметить, графический материал в диссертационной работе хорошего качества. Все результаты предыдущих исследований хорошо оцифрованы, представлены в векторном формате, однако, на одних картах нет масштаба, а на других – направления на север.

Заключение.

Замечания по существу: Инфильтрационное происхождение гидротерм БРЗ было доказано в ряде публикаций крупнейших ученых – Шварцева С.Л., Заманы Л.В., Писарского Б.И., Пиннекера Е.В., Голубева В.А., Плюснина А.М. и др., гипотеза о контакте термальных вод с глубинными флюидами существовала в 1950-80гг. [Ткачук, 1958, Ломоносов и др., 1977], но сейчас в современных публикациях эта гипотеза встречается крайне редко [Диденков, 2013; Проскуракова З.В, 2017; Бычинский, 2003; Данилова, 2010; Хаустов и др., 2010].

Химический состав, изотопные данные и другие характеристики гидротерм БРЗ указывают на их инфильтрационное происхождение. Согласно данным [Пиннекер, Писарский, 1995] в источниках отсутствуют значения отношений изотопов стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) приближающихся к мантийному; по концентрации изотоп дейтерия и ^{18}O гидротермы БРЗ неотличимы от метеорных и поверхностных вод [Kipfer et al., 1996]; доказано, что высокая сульфидность гидротерм БРЗ связана с окислением серы в водовмещающих породах [Замана, 2000]; высокое содержание фтора наблюдается при фоновом (кларковом) уровне фтора во вмещающих породах, а не связана с его эксгаляцией из магматических очагов. Высокая фтороносность гидротерм, является следствием взаимодействия в системе вода-порода [Замана, Лесников 1992, Замана, 2000].

По третьему защищаемому положению есть вопрос. Зона питания у термальных источников может достигать десятки километров от места выхода (при глубине до 5 км) и содержание серы, хлора и фтора как раз и может быть связана с привносом из отдаленных от места выхода гидротерм зон питания (кембрийские отложения в Икатском и Баргузинском хребтах). Соискателю нужно при защите прояснить этот момент.

Полученные в работе результаты обладают существенной новизной в рамках идеи контакта вод гидротерм с мантийным флюидом, а диссертация представляет собой законченное исследование, в которой разработан подход для решения вопроса о связи сейсмичности с термальными источниками, в частности определения мест наиболее частого прохождения роев землетрясений и проявлений гидротерм на земной поверхности, отделяя эти активные участки от зон релаксации напряжений. Результаты геостатистического анализа дополняются результатами апробированного и хорошо зарекомендовавшего себя ФХМ. Выводы диссертации могут служить хорошей основой для исследований подобного рода. Прежде всего, они будут полезны специалистам в области сейсмологии, гидрогеологии, геоинформатики, нефтяной геологии, экологии, физико-химического моделирования.

Выполненные Е.А. Кузьминой исследования вписываются в общую картину исследований, проводимых в данном направлении (контакт вод гидротерм с мантийным флюидом) некоторыми российскими и зарубежными исследователями. Публикации автора соответствуют содержанию диссертации и достаточно полно ее представляют. Выводы и защищаемые положения, выносимые на защиту, вытекают из содержания работы.

По сделанным замечаниям соискатель должен дать четкие пояснения при защите своей кандидатской диссертации, чтобы исключить все сомнения у каждого члена диссертационного совета по поводу своего решения перед процессом тайного голосования.

В целом, защищаемая работа является завершенной на данном этапе исследований, которые соискателем, несомненно, будут продолжены. Представленный в ней материал и сделанные выводы имеют научный потенциал и несут практическую значимость.

Текст диссертации написан четко и аккуратно. Работа содержит достаточное количество исходных данных, рисунков, расчетов. По каждой главе и по работе имеются выводы.

Апробация результатов проводилась на многочисленных российских и международных конференциях. Материалы диссертации опубликованы в статьях в реферируемых журналах, рекомендованных ВАК.

Автореферат полно и всесторонне отражает основное содержание диссертации, в котором описаны основные этапы работы, результаты и выводы.

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу и полностью отвечает всем критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., № 842, а ее автор, Кузьмина Елена Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6. Гидрогеология.

Официальный оппонент:

научный сотрудник ФГБУН ГИН СО РАН, к.г.н.

М.К. Чернявский

Геологический институт имени Н.Л. Добрецова СО РАН (ФГБУН ГИН СО РАН)

670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а, тел. (3012) 43-39-55, e-mail: mitchel1977@mail.ru

