

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Ляминой Ларисы Андреевны «Гидрогеологические условия формирования низкоэнталийных минеральных вод в массивах кристаллических пород (на примере месторождения Кульдур, Еврейская автономная область)», представленной на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6 – Гидрогеология

Представленная к защите работа посвящена интересному объекту исследований – азотным термальным водам месторождения Кульдур в массивах кристаллических пород (с красивой формулировкой – «низкоэнталийным»). В качестве предмета исследований указано: «процессы и механизмы формирования химического, изотопного и газового состава исследуемых терм». В качестве цели уже представлена более громоздкая формулировка: «выявление механизмов, закономерностей формирования и циркуляции низкоминерализованных азотных терм кристаллических массивов на основе комплексных исследований месторождения Кульдур, реконструирование их генезиса и построение концептуальной гидрогеологической модели эталонного месторождения на основе имеющихся фактических данных по геологии и гидрогеологии с привлечением опыта работы на таких месторождениях». Далее выводятся многочисленные (7 пунктов!) задачи. Актуальность работы определяется недостаточной изученностью всех пунктов, которые указаны в задачах, а также возможностью использования терм в качестве возобновляемого источника энергии. Поэтому **актуальность** данной диссертации не вызывает сомнений.

Сразу обращает на себя внимание огромный и разносторонний фактический материал, многозадачность. При несомненном «плюсе», это ведет и к *некоторым несостыковкам и недочетам в попытке охватить, систематизировать и увязать весь объем информации (здесь и далее все замечания будут приводиться курсивом)*. Рассмотрим детально структуру диссертации.

Диссертационная работа состоит из восьми глав, введения и заключения общим объемом 162 страницы машинописного текста. В текст диссертации включены 71 рисунок и 17 таблиц. Список литературы насчитывает 214 наименования, 104 из которых (более половины) - иностранные. Далее содержание работы и замечания к ее отдельным частям рассматриваются по главам.

Во введении автор в стандартном порядке описывает все необходимые пункты, включая «обоснованность и достоверность результатов исследования» и «финансовую поддержку». Тут же приводятся три защищаемых положения, которые далее по тексту

*достаточно обоснованы, отражают решение поставленных проблем, с каждым можно согласиться. Однако необходимо отметить громоздкие формулировки, иногда несвязность предложений внутри каждого защищаемого положения. В первом положении насторожила фраза, что «термальные воды имеют атмосферное, инфильтрационное происхождение». Если это и не одно и то же (автор на стр.83 категорично пишет о нетождественности атмосферные воды = метеогенные воды), зачем тогда вообще писать атмосферное происхождение?*

*В начале достаточно детально приведена актуальность работ, но форма изложения довольно странная, немного несвязанная: сразу про состав и свойства данных терм, затем уже стандартно литобзор, в конце описывается как важно использовать геотермальную энергию, но именно «низкоэнталийные термы» (с температурой < 180°C) не пригодны для данных целей. Почему бы не акцентировать для чего важно изучать тогда именно низкоэнталийные термы?*

*В главе 1 «Изученность проблемы и обзор исследований» описаны три подглавы: 1) история исследования, 2) история исследования и освоения месторождения Кульдур и 3) концепции формирования солевого и газового состава. Материал достаточно детальный, в необходимой логической последовательности, с хорошим литобзором. Однако почему-то обзор только российский (советский), хотя неоднократно указывается как термы «активно изучаются во многих регионах Земли». Надо было просто обозначить в названии про обзор российских исследователей. Кроме того, сами названия подглав небрежно сформулированы: история исследования чего? Концепции формирования солевого и газового состава чего?*

*Глава 2 «Природные условия района исследования» содержит описание физико-географического положение объекта исследования, рельефа территории, климатических условий территории, гидрографии. Приведенный материал достаточно информативен, с хорошими иллюстрациями, понравились приложенные фотографии автора. Не хватило выводов по главе, согласующихся с темой работ.*

*В главе 3 «Методы и методика исследований» приведены: принципы отбора проб, аналитические методы исследования, методы определения глубинных температур, методы гидрогеологического моделирования. Вопросов к методам исследований нет, все детально приведено. Однако не понятно, где же методика исследований? На каких принципах основана работа? Также странно, почему эта глава представлена после природных условий территории, а не до? Как будто исходя из природных условий определяются методы исследований.*

В главе 4 «Геологическое строение района» представлены подглавы: геологические условия района исследования (геология, тектоника, разрывные нарушения), петрографическая характеристика гранитоидов Пионерского массива, геохимия гранитоидов Пионерского массива (в том числе данные по фтору и РЗЭ). Несомненно, глава выделяется нехарактерным для работ такого рода детальным описанием геохимии пород, что ценно. Качественный графический материал, личные фото автора геологических обнажений, образцов пород, фотографии пород под микроскопом с выделением измененных и новообразованных минералов, много графиков и табличного материала, очень хороший и детальный материал по РЗЭ в породах. С учетом выше сказанного, название главы не совсем отражает ее содержание. Лучше бы назвать ее – геолого-геохимические исследования... Не хватило обобщающих выводов по главе с подводкой к теме исследований.

Глава 5 «Гидрогеологические условия» - самая масштабная по объему (53 страницы!) и представленному фактическому материалу. Включает одноименную подглаву «Гидрогеологические условия объекта исследования» (как это было и с главой 4 и подглавой 4.1), а также 2) макрокомпонентный состав (чего?), 3) микрокомпонентный состав (чего?), 4) изотопный состав (чего?), 5) газовый состав (традиционно...чего?), включая данные по благородным газам и с определением генезиса  $N_2$  и  $CO_2$  при помощи изотопов, 6) бальнеология.

Опять же поражает объем и разносторонность представленного материала, яркий и плотный иллюстративный материал, интересная обработка (диаграммы Пайпера и Стиффа, мониторинговые графики, различные генетические диаграммы). Хорошие данные по микрокомпонентному составу вод с детальным описанием фтора и РЗЭ, и что важно с сравнительной характеристикой по вмещающим породам, приведенной в главе 4, речными водами и взвесями, а также формами миграций. Большой диапазон изотопных измерений: воды ( $^{18}O$ ,  $^2H$ ,  $^3H$ ), растворенных веществ ( $\delta^{13}C(HCO_3^-)$ ) и газов ( $^3He/^4He$ ,  $^4He/^{20}Ne$ ,  $^{20}Ne/^{22}Ne$ ,  $^{36}Ar$ ,  $^{84}Kr$ ,  $^{132}Xe$ ,  $\delta^{15}N$ ,  $\delta^{13}C(CO_2)$ ).

По материалам пятой главы сформулированы **первое и второе защищаемые положения.**

Замечания:

1. Название главы не отражает содержание. По-моему, можно было просто назвать гидрогеохимические исследования или геохимия вод, и гидрогеологические условия хорошо вписались бы в нее, а не наоборот.

2. Немного странная подача материала: сначала приводятся схемы формирования вод, описываются геохимические процессы и реакции образования

соединений, а уже потом приводится фактический материал. По моему мнению, лучше сначала факты привести, а потом подискутировать на эту тему.

3. Подглава 5.1 «Макрокомпонентный состав» включает данные по температуре, рН и Eh, что явно не входит в понятие «макросостав вод».

4. В описании помимо термальных вод сразу появились речные воды (река Кульдур), и далее по тексту параллельно приводятся данные по ним. Но нигде я не увидела какой-то подводки, для чего необходимо их изучать? Какое-то обоснование.

5. Тезис автора «для всех исследуемых вод характерен значительный сдвиг изотопных соотношений от линии атмосферных осадков в сторону утяжеления по  $^{18}\text{O}$ » не совсем правомерен, судя по рис. 5.17. Это характерно только для вод скв.3-87, воды скв. 2-87, 3-51 и реки Кульдур на линии метеорных вод, а для вод скв.5-51 характерна вообще обратная ситуация, с обеднением по кислороду.

6. При описании изотопов воды появляется описание климата, осадков и даже ветра (роза ветров). Для этого была глава с природными условиями. Здесь можно было представить какие-то графики сопоставления осадки – изотопы, ветер – изотопы.

7. В таблице 5.9 приведены данные по  $\delta^{18}\text{O}$  (по-видимому гидрокарбонат-иона), но по тексту никак не используются. Название таблицы плохо сформулировано: «Изотопный состав углерода, растворенных  $\text{HCO}_3^-$  в термальных...». Зачем запятая? Гидрокарбонат-ион и так существует в растворенном виде, зачем его еще растворять?

8. В «Бальнеологии» есть повторения с подглавой 1.2. Не очень интересным показалось перечисление показаний и противопоказаний для лечения (как в рекламном проспекте). Можно было просто ограничиться несколькими фразами, желательно с уклоном в научные рассуждения, например, «высокие концентрации фтора в термах определили возможность применения их в качестве...» и т.д.

9. Опять не хватило выводов и обобщений по главе.

Глава 6 «Оценка температур циркуляции терм и теплового потока» содержит информацию о рассчитанных различных геотермометрах в сравнении между собой и данными температур на изливе, расчеты глубин. В целом, расчеты представлены в должной мере, есть графиков и рассуждения. Выводы об отсутствии разбавления с вышелегающими водами делаются на основе данных по тритию и характере напоров, т.е. увязано с предыдущими главами, что ценно и правильно.

Материал частично вошел в **первое защищаемое положение.**

*В качестве замечания можно отметить, что имеется и современная информация о геотермометрах, не только классическая 70–80 гг (Fournier R.O., Truesdell A.H., Giggenbach W.F., Arnorsson et al.). В последние годы разрабатываются мультикомпонентные геотермометры для терм (Spycher et al. 2014, Nitschke и др., 2017, Ystroem et al., 2020), а также изотопные и газовые. Хотя бы упомянуть о них стоило.*

Глава 7 «Определение периода циркуляции азотных термальных вод в кристаллических массивах» хотя и небольшая (всего 7 страниц), очень понравилась: хорошо написана, логически выверена, очень интересные рассуждения и доводы. *Но при этом совершенно не приведен фактический материал в табличной форме, если He/Ar хотя бы есть в главе 5, то информацию по  $^{14}\text{C}$  не увидела совсем, только в описании и на рис. 7.1.*

Глава 8 «Гидрогеологическая модель месторождения Кульдур термальных вод» содержит информацию о геофильтрационной схематизации, вычислительной схематизации, калибровки модели с более дробной разделами о геофильтрационных параметрах водовмещающих пород и глубины заложения разломной зоны. Оппонент с большим интересом ознакомился с главой. Часто гидрогеохимиков критикуют за оторванность от гидрогеологии (гидродинамики), поэтому эта попытка, даже если она с недочетами, очень выигрышная. Не берусь судить глубину и правильность построенной модели, не работала с программой FEFLOW, но внешне все выглядит достойно, с яркими и детальными схемами, с формулами расчетов и рассуждениями по теме, а также привязками к полученным результатам по геотермометрам и изотопным анализам по возрасту. Радует и наличие выводов по главе.

*Однако в результате нагромождения информации по различным калибровкам возникает постоянная путаница, с разными получившимися результатами по возрасту и температуре. Как мне кажется, необходимо была представить в виде таблицы или рисунка с различными вариантами калибровок и полученными результатами и указанием: приемливо/неприемливо. Читатель сразу бы видел, какие варианты рассмотрены и как они сопоставлялись. Это в качестве рекомендаций.*

*Есть также некоторые сомнения насколько «хорошо коррелируют» полученные данные по возрасту терм: в ходе моделирования (~27-82 тыс.лет) и датирования по изотопам гелия (~54-173 тыс.лет). Это разве хорошая корреляция?*

По материалам седьмой и восьмой глав подготовлено **третье защищаемое положение.**

В заключение представлено скомпонованное, хорошо обработанное резюме, согласующиеся с защищаемыми положениями.

Автореферат соответствует материалу диссертации, но представляет иную структуру работы, что нормально для авторефератов, написанным по защищаемым положениям, а не по главам диссертации. Для рецензента в принципе такая структура больше понравилась: работа стала более последовательной и понятной, даже снились некоторые вопросы, возникшие при прочтении диссертации. Автореферат, как это часто и бывает, оказался более вычитан и лучше структурирован. Имеются выводы после каждого раздела, на что я пеняла каждую главу диссертации. *Единственно, что можно заметить, это уж слишком смещенный акцент на моделирование: в диссертации материал (глава 8) занимает пятую часть, а в автореферате – почти половину научной части. Замечания по материалам третьего положения, такие же как для главы 8.*

#### Общее впечатление и замечания

Из «плюсов», как уже было отмечено, большой и современный фактический материал, и его интерпретация, разноплановые задачи и их выполнение, интересный материал по моделированию с обобщением по всему фактическому материалу. *Все замечания в основном связаны с оформлением и структурированием материала. Из общих отметим: 1) использование в названии слово «низкоэнталийные», которое по тексту никак не обыгрывается и не применяется; 2) в актуальности указывается на важность их использования в геотермальной энергетике, в практической значимости – только про использовании их в качестве минеральных вод; нет какой-то единой выработанной концепции «для чего они важны и нужны»; 3) название глав диссертации не всегда отражают их содержание, есть небрежность в их формулировках; 3) структура диссертации достаточно неравномерная: то глава объемом 5 страниц, то 50; 4) не всегда разноплановая информация увязана друг с другом, отсутствуют выводы по главам.*

Иллюстрационного материала достаточно, и он на хорошем уровне, таблицами текст не перегружен. В списке публикаций имеется 3 публикации автора в рецензируемых журналах, это соответствует требованиям, и в том числе не дает оснований оппоненту сомневаться в **достоверности и новизне** полученных результатов данного диссертационного исследования. **Научные положения и выводы достаточно обоснованы.**

Резюмируя, необходимо отметить, защищаемая работа «Гидрогеологические условия формирования низкоэнталийных минеральных вод в массивах кристаллических пород (на примере месторождения Кульдур, Еврейская автономная область)» является завершенной, научно-квалифицированной, которая вносит достойный вклад в понимание вопросов формирования азотных терм. Диссертация соответствует



требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к кандидатским диссертациям. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.6 – Гидрогеология, а также критериям, определенным пп. 2.1.-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5,6 положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, а её автор Лямина Лариса Андреевна заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6 – Гидрогеология.

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук» (ИНГГ СО РАН), директор Томского филиала, ведущий научный сотрудник, и.о. заведующего лабораторией гидрогеохимии и геоэкологии

ЛЕПОКУРОВА Олеся Евгеньевна

08.09.2022

Конт.   
Тел.:   
E-mail: [LepokurovaOY@ipgg.sbras.ru](mailto:LepokurovaOY@ipgg.sbras.ru)

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:  
25.00.07 - Гидрогеология

Адрес места работы:

634055, Российская Федерация, Томск, пр. Академический, д. 4, Томский филиал ФГБУН «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук» (ТФ ИНГГ СО РАН), Тел.: +7 (3822)492163.

Подпись Лепокуровой О.Е. удостоверяю:

Зав. канцелярией ТФ ИНГГ СО РАН

  
Пыхтина О.Я.