

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

Диссертационная работа Л.А.Ляминой посвящена исследованию закономерностей формирования и циркуляции низкоминерализованных азотных терм кристаллических массивов месторождения Кульдур, располагающегося в отрогах хребта Малый Хинган на территории Еврейской автономной области Российской Федерации, реконструированию генезиса исследуемых азотных терм и построению гидрогеологической модели Кульдурского месторождения – эталонного месторождения азотных минеральных вод в России с позиций геологических и гидрогеологических условий их формирования.

Актуальность темы диссертационного исследования. Актуальность темы исследования определяется недостаточной изученностью рассматриваемой проблемы и важностью получения новых знаний о роли новейшей геотектоники и геоструктурного фактора в формировании химического, газового, изотопного состава месторождений азотных термальных вод, распространенных в пределах массивов кристаллических пород и являющихся возобновляемыми источниками энергии.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Полученные результаты соответствуют всем требованиям квалификационной работы и представляют научный и практический интерес. Достоверность полученных данных обеспечивается использованием современных методов аналитических определений и обработки полученных данных; использованием при лабораторных исследованиях современного высокоточного оборудования; значительным объемом полученных данных, их соответствием результатам

других исследователей; апробацией основных научных положений на различных конференциях и публикацией в рецензируемых журналах.

Выводы полностью обосновываются теоретическими и экспериментальными исследованиями, проведенными по теме диссертации, и отражают суть работы.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций. В диссертации Л.А.Ляминой научной новизной характеризуются:

результаты комплексного аналитического исследования химического, газового и изотопного состава азотных термальных вод месторождения Кульдур;

результаты исследования водовмещающих пород второй фазы тырмо-буреинского комплекса ($\gamma\delta 2C2-3t$);

данные об изотопном составе благородных газов, изотопных соотношений $^3\text{He}/^4\text{He}$, $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$, $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$, концентрациях гелия в газовой фазе, изотопном составе главного компонента газовой фазы – азота, с определением содержания изотопа $\delta^{15}\text{N}$;

данные о глубинных температурах формирования термальных вод на месторождении Кульдур;

гидрогеологическая 2D-схема фильтрации и массопереноса высокотемпературного флюида по вертикальному разлому из глубинных горизонтов земной коры к поверхности для термального месторождения Кульдур;

концептуальная модель формирования азотных термальных вод в гранитных массивах, отражающая особенности циркуляции флюида в глубоких горизонтах земной коры.

Практическая значимость заключается, во-первых, в применении результатов исследования при разработке рациональной схемы использования минеральных вод Кульдурского месторождения, во-вторых, в возможности реальной оценки перспектив использования и развития как ресурсной базы курортного комплекса Кульдур, так и Дальневосточного региона в целом; в-

третьих, в возможности более эффективного проведения поисков и разведки месторождений термальных вод, оценки запасов, применения метода аналогии для объектов-аналогов.

Апробация работы. Результаты проведенных исследований, основные положения и проблемы, рассматриваемые в диссертации, изложены в 19 публикациях, в том числе в 3 публикациях в рецензируемых научных изданиях, определенных п. 2.3 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Результаты исследований были представлены на научных конференциях:

Структура диссертационной работы. Построение работы в целом обосновано, структура направлена на решение поставленных задач. Диссертационная работа изложена на 162 страницах, включая 17 таблиц, 71 иллюстрацию. Работа состоит из введения, восьми глав, заключения. Список литературы содержит 214 наименований.

Краткая характеристика основного содержания работы

Во введении достаточно четко сформулированы цель и задачи работы, обоснована актуальность данного исследования, его практическая значимость и научная новизна, приводятся защищаемые положения и сведения об апробации работы. В основе научной работы лежат полевые и фондовые материалы, а также результаты химических и изотопных опробований жидкой и газовой компоненты термальных вод месторождения, определения химического и минерального состава водовмещающих пород. Следует отметить, что для достижения поставленной цели соискателем намечен значительный комплекс исследований, завершающий результат которых – концептуальная модель формирования азотных термальных вод в гранитных массивах.

В первой главе соискателем изложена история исследования минеральных и термальных вод, современные представления о формировании их солевого и газового состава, а также основные этапы изучения и освоения месторождения

Кульдур. Л.А.Ляминой проанализированы основные положения теорий происхождения минеральных вод (инфильтрационная, ювенильная), рассмотрены представления о роли взаимодействия в системе вода-порода в формировании химического состава термальных воды, кратко изложена концепция формирования подземных вод, в том числе и азотных терм, предложенная С.Л. Шварцевым.

Во второй главе кратко излагаются самые общие сведения о природных условиях района исследования, таких как физико-географическое положение, рельеф, климат, гидрография.

В третьей главе приводится описание методов и методики исследований, детально рассматриваются принципы отбора проб из термальных скважин, р. Кульдур, а также проб атмосферных осадков для исследования химического, изотопного и газового состава. В качестве положительного момента следует отметить, что впервые был проведен такой значительный комплекс аналитических исследований вод и пород изучаемого объекта, в частности целый комплекс минералогических и химических исследований был выполнен для пород тырмо-буреинского комплекса Пионерского массива. В данной главе достаточно детально рассмотрены используемые для анализа вод и пород аналитические методы исследования, методы определения глубинных температур и гидрогеологического моделирования.

В последующих главах соискателем излагаются результаты проведенных исследований, проводится их анализ и сравнение с результатами, полученными другими авторами.

В четвертой главе излагаются общие сведения о геологических условиях района исследования. Особое внимание автор уделил описанию тектонических особенностей, характеристики разрывных нарушений, которые играют большую роль в формировании территории исследования. Отмечено, что Кульдурское месторождение термальных вод приурочено к узлу пересечения протягивающегося вдоль долины реки Кульдур Меридионального разлома и

оперяющего его нарушения. Далее представлена детальная характеристика результатов исследования соискателем пород Пионерского массива. На основании анализа результатов обоснован вывод о том, что вмещающие породы Кульдурского месторождения термальных вод представлены, главным образом, метасоматизированными биотитовыми гранитами, характер изменения которых преимущественно низкотемпературный и представлен пирит-хлорит-карбонатной минеральной ассоциацией. Так же детально изложены результаты изучения химического состава пород, выявлены отличия состава на разных участках района исследования. В качестве положительного момента следует отметить проведенное автором исследование источника фтора, которое позволило выяснить, что основным концентратором фтора и наиболее вероятным источником элемента биотит. Изучение содержания редкоземельных элементов (РЗЭ) в гранодиоритах месторождения показало, что в породе преобладают легкие РЗЭ, максимально высокое содержание РЗЭ характерно для биотита, минимальное – для плагиоклаза.

В пятой главе Л.А.Лямина рассматривает гидрогеологические условия объекта исследования и приводит результаты исследования химического состава термальных вод месторождения Кульдур. Данные по результатам анализов представлены достаточно полно, однако следовало более четко отделить результаты соискателя и других исследователей. В главе рассмотрен макро и микрокомпонентный состав вод, изотопный состав, а также состав газовой фазы термальных вод месторождения.

Исследования химического состава газовой фазы термальных вод месторождения позволили соискателю установить, что основной компонент спонтанных газов – азот (до 98 об.%), тогда как примеси других газов (CH_4 , CO_2 , O_2) незначительны. Существенный интерес представляет исследование такого недостаточно изученного вопроса как генезис азота в азотных термах. Подтверждено предположение о присутствии в газовой фазе термальных вод

месторождения Кульдур не только азота атмосферного происхождения, но и присутствие азота корового генезиса.

В заключении приведены данные о бальнеологической ценности азотно-кремнистых термальных вод, рассмотрены показания для лечения в санатории минеральными водами Кульдурского типа и виды лечения с использованием Кульдурской минеральной воды.

В шестой главе соискателем рассмотрены результаты оценки температур циркуляции терм и теплового потока. В начале главы проанализированы положительные и отрицательные аспекты при использовании различных химических геотермометров. Приведены данные, полученные с использованием Na/K, силикатного и халцедонового геотермометров, показано, что температуры на глубине циркуляции азотных термальных вод, оцененные с помощью различных методов, отличаются друг от друга, проанализированы причины отличия. Выяснено, что температура циркуляции азотных термальных вод месторождения Кульдур находится в диапазоне от 130 до 140°C, средняя глубина циркуляции термальных вод месторождения Кульдур составляет 4,8 – 5,1 км.

Седьмая глава посвящена рассмотрению вопросов, связанных с определением периода циркуляции азотных термальных вод в кристаллических массивах. Для оценки возраста термальных вод месторождения Кульдур использованы радиоуглеродный и уран-торий/гелиевый методы.

По данным радиоуглеродного датирования возраст терм колеблется в диапазоне 1500-1720 ± 20 лет. С учетом поправки на «мертвый» углерод, возраст терм составляет не более 4 346 лет.

С использованием гелиевого метода датирования получен диапазон значений возраста, который составил от 62 342 лет до 172 756 лет для скважины 2-87 и от 53 651 лет до 154 246 лет для скважины 3-87.

В восьмой главе представлена гидрогеологическая модель формирования термальных вод в кристаллических породах на примере Кульдурского месторождения. При проведении геофильтрационной схематизации соискателем

выделено три основных блока модели, соответствующие зоне экзогенной трещиноватости, зоне разрывного нарушения и массиву скальных пород, все три зоны различаются по фильтрационным свойствам.

На основе полученных данных в полевых исследованиях и с учетом опыта зарубежных исследователей соискателем разработана 2D гидрогеологическая схема фильтрации и массопереноса высокотемпературного флюида по вертикальному разлому из глубинных горизонтов земной коры к поверхности для термального месторождения Кульдур. Численное решение задачи было выполнено на основе программного кода FEFLOW, в основе которого лежит метод конечных элементов (МКЭ).

В данной главе детально рассмотрены все этапы построения гидродинамической модели, особое внимание уделено обоснованию параметрического обеспечения модели и выбора коэффициентов фильтрации для скального малопроницаемого массива гранодиоритов и разломной зоны.

Соискателем рассмотрено несколько вариантов формирования термальных вод на месторождении Кульдур. На основании полученных результатов сделаны важные выводы об основных этапах формирования термальных вод: поступление атмосферных осадков, распределение инфильтрационного питания в вертикальном разрезе, образование нисходящих потоков, погружающихся на глубины до 5 км и нагревающихся до 130-140°C, миграции термальных вод по разлому к зоне разгрузки и днищу долины р. Кульдур с температурой на выходе ~70 °C. Установлено, что период водообмена термальных вод на Кульдурском месторождении находится в диапазоне от 27 379 до 82 137 лет.

В заключении сформулированы выводы, которые обоснованы фактическим материалом и подтверждают научную новизну и защищаемые положения.

Оценивая в целом диссертацию Л.А. Ляминой, следует отметить, что соискателем решена важная и актуальная научная задача. Полученные соискателем результаты вносят ценный вклад в представления об условиях и механизмах формирования азотных термальных вод низкой минерализации.

Достоинство работы – привлечение не только геохимических методов, но гидродинамического моделирования. Поставленные задачи полностью выполнены. Представленные в работе результаты квалифицированно проанализированы автором, сделанные выводы в достаточной степени обоснованы. Диссертационная работа Л.А.Ляминой хорошо оформлена. Основной текст дополнен таблицами и рисунками, круг затронутых в работе вопросов свидетельствует об общей высокой эрудиции соискателя.

По работе имеется *ряд замечаний*, основными из которых являются следующие.

1. В главе 1 следовало более полно рассмотреть гипотезы формирования низкоминерализованных азотных термальных вод и критически их проанализировать.
2. В завершении каждой главы следовало сформулировать краткие выводы. Так, главу 1 «Изученность проблемы и обзор исследований» следовало закончить выводами об основных, недостаточно изученных вопросах, особенно о тех, которые соискатель планирует исследовать в диссертационной работе.
3. Обзор общих геологических и гидрогеологических условий целесообразно было бы рассмотреть в главе 2 «Природные условия района исследования», так как это позволило в главах 4 и 5, посвященных рассмотрению геологических и гидрогеологических условий района работ, сосредоточиться на собственных результатах соискателя и более четко их представить.
4. В главе 4 соискателем детально изложены результаты изучения химического состава пород, выявлены отличия состава на разных участках района исследования. Однако в целом ряде случаев, автор ограничился только констатацией факта, тогда как целесообразно было бы большее внимание уделить объяснению причин выявленных отличий.
5. В начале проведения работ целесообразно было бы представить предварительную концептуальную модель, отражающую представления соискателя о формировании низкоминерализованных азотных терм, и

определяющую направления проведения полевых и лабораторных исследований. После получения данных по составу вод и пород, результатов численного моделирования, интересно было бы рассмотреть, как подкреплялась и корректировалась концептуальная модель.

6. При выполнении работы соискателем получены важные и интересные выводы. Следовало было бы более подробно рассмотреть их в заключении диссертации.
7. В заключении диссертационной работы целесообразно было наметить пути дальнейшего развития исследования.

Несмотря на высказанные при анализе содержания работы замечания, следует признать, что представленная к защите работа, безусловно, является научно-квалификационной; содержит решение научных задач, важных с позиций гидрогеоэкологии. Л.А.Лямина проявила себя как квалифицированный исследователь, способный ставить и решать сложные научные задачи.

Автореферат адекватно отражает принципиальные выводы диссертации, в опубликованных трудах приведены основные результаты работы.

Таким образом, диссертация Ляминой Ларисы Андреевны «Гидрогеологические условия формирования низкоэнталийных минеральных вод в массивах кристаллических пород (на примере месторождения Кульдур, Еврейская автономная область)» является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне, и по актуальности темы, научному и практическому значению в полной мере отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.6 – «Гидрогеология» (Науки о Земле) в части пунктов 1.8; 1.15 и 1.17, 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.

Таким образом, соискатель Лямина Лариса Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6 – «Гидрогеология».

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник,
и.о. зав. лабораторией гидрогеоэкологии ИГЭ РАН,
доктор геолого-минералогических наук

И.В. Галицкая

19.09.2022 г.

Контактные данные:

Тел.: (495) 607-82-84

e-mail: ga

Специальность, по которой официальным оппонентом была защищена диссертация: 25.00.36 – «Геоэкология»

Адрес места работы:

101000, Российская Федерация, Москва, Уланский переулок, дом 13, строение 2, а/я 145 Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН)

Рабочий телефон: (495) 607-82-84, рабочий e-mail: galg

Подпись сотрудника Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН) И.В. Галицкой удостоверяю:

