

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д003.022.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЗЕМНОЙ КОРЫ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 16 сентября 2022 г. № 14 о присуждении Феофилакову Сергею Олеговичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Блоковая структура Паужетского геотермального месторождения (Южная Камчатка): новая геолого-геофизическая модель» по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых принята к защите 15.06.2022 г. (протокол № 2) диссертационным советом Д003.022.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128, приказ Минобрнауки России № 931/нк от 28.09.2017 г.

Соискатель Феофилаков Сергей Олегович, 1989 г. рождения, в 2011 г. окончил Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга по специальности «Геофизика». В 2017 году окончил аспирантуру по направлению подготовки «05.06.01 – Науки о Земле» в Камчатском государственном университете им. Витуса Беринга. Работает научным сотрудником лаборатории геотермии ФГБУН Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский).

Диссертация выполнена в ФГБУН Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Научный руководитель – Рычагов Сергей Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией геотермии ФГБУН Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Официальные оппоненты:

1) Ельцов Игорь Николаевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Института нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск);

2) Буддо Игорь Владимирович – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией комплексной геофизики ФГБУН Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (г. Иркутск)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск – представила на диссертационную работу положительный отзыв, который был составлен кандидатом геолого-минералогических наук, старшим научным сотрудником лаборатории региональной геофизики и петрофизики Носыревым М.Ю. Детальное рассмотрение диссертации и отзыва на нее проходило на расширенном заседании лаборатории региональной

геофизики и петрофизики ИТиГ ДВО РАН 09 августа 2022 года в присутствии членов: к.г.-м.н. Манилова Ю.Ф. (председатель), к.г.-м.н. Носырева М.Ю., к.г.-м.н. Абражевич А.В., к.г.-м.н. Иволги Е.Г., к.г.-м.н. Горнова П.Ю., к.г.-м.н. Кудымова А.В., к.г.-м.н. Кириллова В.Е., к.г.-м.н. Каретникова А.С.

Диссертационная работа признана отвечающей предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук требованиям.

Отзыв одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации и.о. зав. лабораторией региональной геофизики и петрофизики ИТиГ Ю.Ф. Маниловым.

Новизна исследования и полученных результатов заключается в следующем. Проведенные ранее геолого-геофизические и гидрогеологические исследования на Паужетском геотермальном месторождении не позволили решить многие принципиальные вопросы об источниках тепла и глубинных растворах, о структуре подводящих каналов для парогидротерм, строении зон смешения термальных и метеорных вод и зон кипения растворов, о геологической природе зон разгрузки термальных вод.

Особенностью настоящей работы является то, что для построения модели литосферы Паужетского геотермального района привлечен широкий комплекс геофизических методов, что позволило заметно повысить достоверность самой модели и обосновать возможную природу геотермальной системы.

На основании оригинальных данных, представленных в диссертации, и использования современного геофизического оборудования получены следующие новые научные результаты:

- 1) определены строение и физические характеристики зон разгрузки парогидротерм;
- 2) выделена система блоков, контролирующая разгрузку теплового потока в структуре Паужетского геотермального месторождения;
- 3) определен глубинный источник тепла для Паужетской гидротермальной системы;
- 4) решен ряд фундаментальных научных и практических вопросов, имеющих принципиальное значение не только для Паужетской гидротермальной системы, но и для других гидротермальных систем Южной Камчатки.

Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов заключается в том, что они вносят весомый вклад в раздел Наук о Земле, способствуют лучшему пониманию природы вулканических процессов и образования геотермических систем. Предложенная автором модель строения Паужетской гидротермальной системы будет востребована как в практике эксплуатации геотермальных месторождений Южной Камчатки, так и при поисково-разведочных работах на различные виды минерального сырья.

Диссертация Феофилактова Сергея Олеговича отвечает всем требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях списка ВАК опубликовано 3 работы.

В опубликованных работах изложены основные положения диссертационной работы.

Наиболее значимые по теме диссертации работы:

1. Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., Букатов Ю.Ю., Нуждаев И.А., Денисов Д.К. Строение зоны разгрузки парогидротерм в Районе Верхне-Паужетского термального поля (Южная Камчатка) // Геология и геофизика. 2020. № 9. т. 61. С. 1194—1214.
2. Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., Букатов Ю.Ю., Нуждаев И.А., Нуждаев А.А., Новые данные о строении зоны разгрузки гидротерм в районе Восточно-Паужетского термального поля (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2017. № 5. С. 36–50.
3. Феофилактов С. О., Рычагов С. Н., Логинов В. А., Букатов Ю. Ю., Нуждаев И. А., Клементьев М. А., Денисов Д. К. Глубинное строение района Паужетской гидротермальной системы (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2021. № 1. С. 40–56.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1. Сергеева А.В., к.х.н., старший научный сотрудник Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской Академии наук (г. Петропавловск-Камчатский); 2. Тимофеева В.Ю., доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник, Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, (г. Новосибирск); 3. Рашидова В.А., к.т.н., старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский); 4. Кулакова И.Ю., член-корреспондент РАН, доктор геол.-мин. наук зав. лабораторией ИНГГ СО РАН (г. Новосибирск); 5. Кирюхина А.В., доктор геол.-мин. наук, проф., главный научный сотрудник, зав. лаборатории тепломассопереноса Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский); 6. Макарова Е.О., кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории акустического и радонового мониторинга Камчатского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (г. Петропавловск-Камчатский); 7. Чернова М.С., кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник геологического факультета Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (г. Москва); 8. Фролова Ю.В., кандидат геол.-мин. наук, доцент геологического факультета Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

Все отзывы положительные.

В отзывах содержатся следующие замечания:

1. Хотелось бы задать автору работы вопрос: планируется ли подобная по масштабу работа для исследования структуры других геотермальных систем Камчатки или мира? 2. В автореферате перепутано положение рисунков, в начале 5-11, а далее 1-4. 3. На рисунках 7, 8, 9 приведена ошибка определения гравитационного поля: 0.003, 0.01 и 0.03 миллигал. Какой тип гравиметра применялся при съёмке и почему ошибка в данных различается на порядок? 4. Какой тип модели гравитационного поля применялся на Рисунке 9, 2D или 3D? 5. При моделировании (Рисунок 9, 10, 11) использованы прямоугольные блоки с резкими различиями параметров. Какое, по вашему мнению, положение границ и изменений свойств среды имеет место в реальности, или прямоугольники использованы для упрощения решения прямой задачи? 6. Второе защищаемое положение в автореферате не содержит сведений, относящихся к специальности 25.00.10 — Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых. 7. Раздел «Практическое применение» в представленном виде является «Теоретическим применением». 8. В подписи к рис. 6 приведено экзотическое написание аномального магнитного поля ( $\Delta T_a$ ), хотя в других местах приводится одно из принятых написаний  $\Delta T_a$ . 9. Не понятно, что хотел сказать автор на стр. 11 фразой «На основании магниторазведочных работ в центральной части Восточно-Паужетского термального поля выделена интенсивная положительная аномалия до +690 нТл (рис. 3), что

указывает на залегание в приповерхностной части разреза гидротермально неизменных пород». 10. Нарисунках 5 и 6 приведены результаты вдоль одного профиля А-В. Однако, если длина профиля на рисунке 5 составляет около 7 км, то на рисунке 6 она 10 км. Такая несогласованность мешает интерпретации результатов. Было бы полезно на профиле с гравитационными измерениями показать рельеф земной поверхности. 11. Почему профиль А-В проходит вне Восточного Паужетского поля, как можно видеть на Рисунке 2? Судя по карте на Рисунке 3, положительная аномалия магнитного поля является резко локализованной на геотермальном месторождении, а там, где проходит профиль наблюдаются только отрицательные аномалии. Было бы очень интересно посмотреть, как эта локальная положительная магнитная аномалия прослеживается на длинном профиле. 12. Очень трудно привязать результаты на профилях к объектам на карте. Например, если обозначение ВхПП обозначает Верхне-Паужетское поле, то оно должно располагаться в левой части профиля А-В, а не в центральной или даже правой, как мы видим на рисунках 6 и 7. Для привязки также было бы полезно указать номера скважин на карте. 13. На рисунке 7 показаны результаты отдельного моделирования гравитационного и магнитного полей. Возможно было бы сделать единую оптимизацию для этих двух случаев? Тем более, что формы полученных тел достаточно схожи и, думаю, построить единую модель, которая удовлетворяла бы и магнитным, и гравитационным данным не составило бы большого труда. 14. С другой стороны, на рисунке 9 показано моделирование в рамках единой модели для гравитационного и магнитного полей. В этом случае для глубинных аномалий выбрана параметризация с вертикальными границами. Возможно ли для этого случая построить аномалии более реалистичной формы, как на рисунке 7? 15. Для меня неожиданным оказался тот факт, что геотермальная аномалия на Рисунке 8 приурочена к высокоплотному телу, расположенному на относительно небольшой глубине. Каким образом это пронизываемое, а значит, пористое тело может иметь такую высокую плотность? 16. Честно говоря, я не понял, как концептуальная модель на Рисунке 11 указывает на то, что гидротермы следуют со стороны западного склона Камбального хребта (вывод 5). Все модели, представленные в работе, слишком локальные для того, чтобы уверенно говорить о связи Паужетского поля с системами вулканов Камбального или Кошелева. Кстати, в автореферате не хватает карты, где было бы указано взаимное положение этих вулканов и Паужетского геотермального поля с наложенными местами работ, упоминаемых в диссертации. 17. Состояние изученности Паужетской гидротермальной системы и современные методы преобразования геолого-геофизических моделей в термогидродинамические модели изложены недостаточно полно. Автору рекомендуется ознакомиться с книгами «Модели теплопереноса в гидротермальных системах Камчатки» <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25347281> и «Гидрогеология вулканогенов» <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48388631>. 18. Геоэлектрические разрезы МТЗ и АМТЗ, указанные выше, целесообразно сопоставить с распределением температуры, позициями продуктивных разломов и распространением вторичного минералообразования по Паужетскому геотермальному месторождению (см. разрез на рис. 12.7 из книги «Геотермофлюидомеханика ...» <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45739830>). 19. В разделе «Основные выводы» вывод 5 об источнике теплового питания Паужетской гидротермальной системы «Решен принципиальный вопрос об источнике теплового питания Паужетской гидротермальной системы: в рассмотренном блоке земной коры между кристаллическим и терригенным фундаментами на глубине от 3.5 до 8 км выделен горизонт повышенной проводимости для теплового потока, восходящего из недр Камбального вулканического хребта», воспроизводит результаты полученные 35 лет тому назад (см. раздел 3.2, рис. 47 из книги «Модели теплопереноса в гидротермальных системах Камчатки» <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25347281>). 20. Магнитную и гравиметрическую аномалии в зоне разгрузки гидротерм на В-Паужетском поле можно объяснить также заполнением порового пространства железосодержащими вторичными минеральными фазами. Наличие субвулканического тела (рис. 7) в этом случае не является необходимым условием существования указанных выше аномалий. 21. Технические замечания: на стр. 9, 10, 11 а/р сбой в нумерации рисунков. Непонятно, зачем в а/р вставлять рисунки из книг других авторов (стр. 9 рис.1)? 22. Вкладку с рисунками в автореферате стоило сделать в конце, в представленном виде она нарушает порядок рисунков и затрудняет восприятие текста автореферата. 23. При анализе данных об электрическом сопротивлении пород недостаточно внимания уделяется влиянию температуры на его величину.

Подобных исследований проводилось мало, однако, при изучении гидротермальных месторождений такие данные могут быть весьма важными при анализе результатов геолого-геофизических исследований. 24. При интерпретации геофизических данных в тексте автореферата валунно-галечные аллювиальные отложения названы как водоупор. По своему составу и строению такие отложения не могут быть водоупором. Возможно, данные горизонты в прошлом подвергались гидротермальной переработке? В таком случае они могли существенно преобразоваться и изменить проницаемость, но тогда изменился и их генезис. 25. Неудачно оформлена вкладка в автореферате, в результате чего нарушен порядок рисунков, что затрудняет последовательное восприятие материала. 26. Вызывает вопрос модель Верхне-Паужетского поля (рис.9), на которой по плотности и магнитной восприимчивости выделены только вертикальные блоки и отсутствуют горизонтальные слои, хотя по данным бурения в разрезе принимают участие различные свиты, литологические типы пород и гидротермально-метасоматические зоны. 27. На Восточно-Паужетском термальном поле (рис. 8) поток восходящих гидротерм приурочен к трещинно-блоковой контактовой зоне субвулканического тела, а в верхней части он распадается на два потока. На Верхне-Паужетском термальном поле (рис.10) восходящие потоки показаны строго над субвулканическими телами. С чем это связано? 28. В общей концептуальной модели Паужетской гидротермальной системы (рис.11): а) не понятно положение магматического интрузивного комплекса (в толще терригенных пород, но без корневой системы); б) валунно-галечные аллювиальные отложения не могут являться водоупором.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией специалистов в области геодинамики, гидрогеологии и геофизики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: *получен* большой объем геолого-геофизических данных для территории Паужетской гидротермальной системы;

*изучены* физические особенности строения Паужетского геотермального месторождения и одноименной гидротермальной системы;

*выявлена* система блоков контролирующей разгрузку теплового потока в структуре Паужетского геотермального месторождения;

*предложены* модели строения гидротермально активных участков Паужетского геотермального месторождения и модель строения Паужетской гидротермальной системы.

Практическая и теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:  
использованный комплекс геофизических исследований и предложенные модели строения Паужетской гидротермальной системы вносят весомый вклад в раздел Наук о Земле, а также будут востребованы при поисково-разведочных работах и эксплуатации геотермальных месторождений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:  
*при проведении полевых работ* применялся современный аппаратный комплекс и стандартные методы и методики геофизики;

*теоретические положения* диссертационного исследования основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин – электроразведки, магниторазведки, сейсморазведки, гравиразведки, термометрии и геоинформатики;

*идея базируется* на согласованности как полученных результатов геофизических исследований между собой, так и полученных моделей с имеющейся детальной геолого-геофизической информацией по рассматриваемому району;

*использованы* данные, полученные соискателем за время работы в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, включая обучение в очной аспирантуре;

установлено, что выводы диссертационного исследования согласуются с основным содержанием работы и современными идеями по исследуемой проблематике; исследование опирается на обширный массив материалов отечественной и зарубежной литературы; использованы современные технологии при обработке геофизических данных.

Личный вклад соискателя состоит в следующем. Активно участвовал в постановке научной проблемы комплексных исследований на Паужетской гидротермальной системе, в организации и проведении ежегодных полевых работ, систематизации данных и построении геолого-геофизических моделей. Систематизировал геолого-структурные, геофизические, гидрогеологические и др. данные по современным гидротермальным системам мира – с целью характеристики Паужетской гидротермальной системы в сравнение с близкими по строению вододоминирующими гидротермальными системами других регионов. Проводил и интерпретировал электроразведочные работы методами ВЭЗ и ЕП, а также участвовал в полевых измерениях и обработке материалов всех представленных геофизических методов (электроразведка, магниторазведка, гравиразведка, терморазведка, микросейсмическое зондирование). Проводил комплексную интерпретацию данных и обсуждение результатов с созданием геолого-геофизических моделей зон разгрузки парогидротерм Паужетского геотермального месторождения и одноименной гидротермальной системы.

На заседании 16 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Феофилакову Сергею Олеговичу ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых 7 докторов наук из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета,  
член-корреспондент РАН



Гладкочуб Д.П.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат физико-математических наук

Добрынина А.А.

16 сентября 2022 г.