

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.101.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ХАБАРОВСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТИХООКЕАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 12.10.2021 г. № 7

О присуждении Мамаеву Дмитрию Викторовичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Теплоперенос в породах Кошелевской геотермальной системы в естественном состоянии и при перспективном получении геотермальной энергии» по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» принята к защите 20 июля 2021 г., протокол № 4, диссертационным советом Д 999.101.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 680000, г. Хабаровск, ул. Дзержинского, 54, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136, Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, приказ Минобрнауки РФ от 07 октября 2016 г. № 1200/нк.

Соискатель Мамаев Дмитрий Викторович 20 августа 1987 года рождения. В 2010 году соискатель окончил Камчатский государственный технический университет по специальности «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем управления». В 2013 г. окончил обучение в аспирантуре Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного отделения Российской академии наук (НИГТЦ ДВО РАН) по специальности 25.00.36 – «Геоэкология». В 2018 году сдал кандидатский экзамен по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИГД ДВО РАН). В 2011 - 2014 годах соискатель работал в НИГТЦ ДВО РАН в должности ведущего инженера, а затем младшего научного сотрудника лаборатории геотермальной теплофизики. В 2014 - 2015 годах проходил службу в Вооруженных Силах Российской Федерации. С 2015 года по настоящее время работает в НИГТЦ ДВО РАН в должности научного сотрудника научно-исследовательского отдела.

Диссертационная работа выполнена научно-исследовательском отделе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного отделения Российской академии наук (НИГТЦ ДВО РАН), министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, Пашкевич Роман Игнатьевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, директор.

Официальные оппоненты:

1. Попов Юрий Анатольевич – доктор физико-математических наук, профессор, Сколковский институт науки и технологий, центр добычи углеводородов;

2. Попов Владимир Иванович – кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория горной теплофизики, старший научный сотрудник,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», г. Грозный, в своем положительном отзыве, подписанном Арби Ахмадиевичем Шаиповым, кандидатом геолого-минералогических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Прикладная геология» и Сайдумовым Магомедом Саламувичем, кандидатом технических наук, доцентом, проректором по научной работе, указала, что «содержание диссертационной работы и основные результаты соответствуют требованиям, предъявляемым к работам по специальности 25.00.20 - «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», а ее автор заслуживает присуждения научной степени кандидата технических наук».

Соискатель имеет 33 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ.

В опубликованных материалах, общим объемом 5 п.л., отражены основные положения и идеи диссертационной работы, результаты выполненных вычислительных экспериментов на разработанной численной термогидродинамической модели Кошелевской геотермальной системы. Авторский вклад соискателя в публикациях, объемом 3,75 п.л., состоял в разработке численной термогидродинамической модели Кошелевской геотермальной системы на основе анализа геолого-геофизических данных, оценке параметров магматического очага, калибровке модели по данным термометрии поисковых скважин, выполнении вычислительных экспериментов на разработанной модели и анализе полученных результатов для установления распределения термогидродинамических параметров теплоносителя в горных породах геотермальной системы и технологических параметров геотермальной циркуляционной системы для освоения тепловых ресурсов.

Наиболее значительные работы:

1. **Мамаев Д.В.** Тепловые ресурсы Кошелевской магматогенной геотермальной системы // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2». – С. 214-222.

2. **Мамаев D.V.** Estimation of the thermo-hydrodynamic parameters of the coolant in the Koshelev geothermal system // Proceedings of VII International Scientific Conference «Problems of Complex Development of Georesources», Khabarovsk. E3S Web of Conferences. – 2018. – № 56. – 6 p.

3. Pashkevich R.I., **Mamaev D.V.** Thermo-hydrodynamic model of the Koshelev geothermal system, Kamchatka, Russia // Proceedings of 3rd International Geothermal Conference, GEOHEAT 2019. Petropavlovsk-Kamchatsky, Russian Federation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – V. 367. – 2019.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы:

1. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Музей земледования (г. Москва), подписанный д.т.н. Галушкиным Юрием Ивановичем, профессором, ведущим научным сотрудником Музея земледования. Замечание: Из замечаний к реферату можно указать на отсутствие информации по влиянию ошибок в определении геометрических размеров магматического очага и его температуры на сделанные автором выводы о времени активности гидротермальной системы.

2. Белорусский государственный университет (г. Минск), подписанный д.г.-м.н. Зуй Владимиром Игнатьевичем, профессором кафедры региональной геологии, факультет географии и геоинформатики. Замечание: стремление включить в автореферат достаточно большое количество информативных графических данных привело к тому, что читаемость отдельных надписей на рисунках 1 и 6 недостаточная из-за их мелкого масштаба.

3. ФГБУН Геологический институт СО РАН (г. Улан-Удэ), подписанный д.г.-м.н. Жатнуевым Николаем Сергеевичем, старшим научным сотрудником лаборатории петрологии. Замечания: 1. В 2008 г на западном склоне Кошелевского вулканического массива вблизи Нижне-Кошелевского термального поля наблюдалось образование нового термального поля, названного Нижне-Кошелевским Новым. Сказалось ли это обстоятельство каким-либо образом на термогидродинамику системы в общем и оценку тепловых ресурсов системы? 2. Всем известно, что гидротермальные системы весьма динамичные объекты. Эксперимент по исследованию минеральных равновесий при P-T параметрах, характерных для гидротермальных систем, показывают, что массоперенос и минералообразование происходят достаточно быстро (достаточно крупные кристаллы в гидротермальных системах вырастают в течение нескольких суток, а иногда и нескольких часов). Автор, при термогидродинамическом моделировании пользуется такими параметрами как пористость, проницаемость, вязкость. Получается, что в течение жизни гидротермальной системы эти параметры могут измениться многократно и очень быстро. Отсюда вопрос - как учитываются при термогидродинамическом моделировании и оценке потенциала системы такая изменчивость параметров?

4. ПАО «Камчатскэнерго», филиал «Возобновляемая энергетика» (г. Петропавловск-Камчатский), подписанный к.т.н. Черневым Иваном Ивановичем, заместителем главного инженера. Замечания: 1. Как таковое, количество экспериментов на модели не повышает обоснованность. Достоверность и обоснованность обеспечиваются адекватностью модели реальному объекту, что достигнуто калибровкой. 2. Почему проницаемость не варьировалась в более широком диапазоне? (При оценке влияния физических свойств пород на теплоперенос в системе).

5. ФГБУН Институт земной коры (г. Иркутск), подписанный к.г.-м.н. Дорофеевой Раисой Петровной, советником директора. Без замечаний.

6. Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (г. Новосибирск), подписанный к.г.-м.н. Шевченко Александром Антоновичем, доцентом кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты». Без замечаний.

7. ФГБУН Государственный геологический музей имени В.И. Вернадского РАН (г. Москва), подписанный к.г.-м.н. Черкасовым Сергеем Владимировичем, директором ГГМ РАН. Замечания: 1. Из автореферата не совсем понятно, по каким критериям определялось оптимальное положение добывающей и нагнетательной скважин, и, главное - их забоев в продуктивном горизонте. Возможно, имеет смысл увеличить расстояние

между забоями, что позволит уменьшить воздействие холодного закачиваемого флюида на температуру в призабойной зоне добывающей скважины при длительной эксплуатации и увеличить привлекательность проекта. 2. Постановлением Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р утверждена новая «Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г.», было бы корректно сослаться на этот документ, а не на постановление 2009 г.

8. Технический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» (г. Нерюнгри), подписанный д.т.н. Гриб Николаем Николаевичем, профессором, заместителем директора по научно-исследовательской работе. Замечания: 1. В таблице 2 приведены противоречивые значения физических свойств горных пород. Так теплопроводность, плотность и пористость, функционально связаны между собой. С уменьшением плотности и увеличением пористости горных пород, теплопроводность уменьшается, а в таблице, наоборот; 2. Проницаемость, с физической точки зрения, характеризует площадь сечения каналов в пористой среде, обеспечивающих фильтрацию при конкретном давлении. В таблице 2, п.1-5, она не дифференцируется, а в пунктах 7-9, с увеличением пористости, проницаемость уменьшается, однако должно быть наоборот.

9. Администрация Быстринского муниципального района Камчатского края (с. Эссо, Камчатский край), подписанный к.т.н. Кудряшовым Владимиром Алексеевичем, заместителем Главы района. Замечания: 1. Для Кошелевской геотермальной системы есть прогнозные оценки тепловой мощности до 943 МВт (автор упоминает в работе). Возникает вопрос. Почему автор ограничился системой разработки мощностью около 200 МВт (судя по графику на рисунке 9) в начале эксплуатации? Затем автор делает технико-экономические расчёты станции мощностью всего 6 МВт. 2. Использование среднего тарифа Камчатскэнерго - некорректно, следовало бы использовать экономически обоснованный тариф для Озерновского энергоузла, для замещаемых дизельных электростанций. Таким образом эффективность проекта была бы выше.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием профиля научных работ оппонентов и сотрудников ведущей организации направлению научных исследований диссертационной работы, обеспечением выполнения требований пунктов 22 и 24 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана численная трехмерная термогидродинамическая модель Кошелевской геотермальной системы на основе комплекса геолого-геофизических данных, откалиброванная по данным поискового бурения;

получено распределение термогидродинамических параметров геотермального теплоносителя в горных породах Кошелевской геотермальной системы в естественном состоянии и при освоении;

предложена схема разработки на основе геотермальной циркуляционной системы и ее технологические параметры для освоения тепловых ресурсов Кошелевской геотермальной системы;

показана целесообразность перспективного проекта геотермальной электростанции на Нижне-Кошелевском участке месторождения.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

разработана трехмерная термогидродинамическая модель Кошелевской геотермальной системы, учитывающая фазовые переходы геотермального теплоносителя

в полном диапазоне возможных состояний (включая надкритическое), теплофизические свойства горных пород и теплоносителя в диапазоне температур и давлений до 1200°C и 1 ГПа соответственно, сложное геологическое строение, фактический рельеф дневной поверхности, калиброванная по данным термометрии;

получено распределение термогидродинамических параметров геотермального теплоносителя в горных породах Кошелевской геотермальной системы в естественном состоянии и при освоении тепловых ресурсов на Нижне-Кошелевском участке месторождения по технологии геотермальных циркуляционных систем;

установлены технологические параметры геотермальной циркуляционной системы для перспективного освоения тепловых ресурсов Кошелевской геотермальной системы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана термогидродинамическая модель Кошелевской геотермальной системы, которая может быть использована для прогноза параметров геотермального теплоносителя при освоении объекта;

получены данные о распределении термогидродинамических параметров в породах Кошелевской геотермальной системы, которые могут быть использованы при уточнении прогнозных геотермальных ресурсов;

установлены технологические параметры геотермальной циркуляционной системы, которые могут быть рекомендованы для проектирования пилотной системы освоения Кошелевской геотермальной системы;

разработанная термогидродинамическая модель может быть использована при дальнейшем исследовании Кошелевской геотермальной системы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

численная термогидродинамическая модель Кошелевской геотермальной системы основывается на достоверной геолого-геофизической информации, полученной в ходе многолетних исследований объекта;

численная модель процессов теплопереноса основывается на фундаментальных законах сохранения массы и энергии;

выполнено большое количество вычислительных экспериментов (97) для уточнения неясных прежде особенностей Кошелевской геотермальной системы;

достигнуто количественное соответствие результатов вычислительных экспериментов с натурными данными со средним отклонением температур в скважинах 15,9 %.

Личный вклад соискателя состоит в:

постановке цели, формулировке задач и разработке методики исследований, систематизации и обработке геологических, гидрогеологических и геофизических данных, модификации программного обеспечения для термогидродинамического моделирования, разработке вспомогательного программного обеспечения для обработки результатов, разработке численной термогидродинамической модели, выполнении вычислительных экспериментов и интерпретации полученных результатов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

Оценка степени влияния варьируемых параметров численной модели на результаты вычислительного эксперимента проводится до выполнения вычислительного эксперимента. Поэтому более правильным было бы разместить раздел 3.2 «Влияние физических свойств пород на теплоперенос в системе» в начале главы 3.

Несмотря на тщательность, проявленную автором при создании термогидродинамической модели и задании ее структуры и параметров, в ней не учитывается влияние естественного выноса тепла на площадях термальных полей на распределение термогидродинамических параметров теплоносителя в породах

