

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Павлова Кирилла Алексеевича на тему «Исследование процессов теплопереноса в породах Авачинской площади в естественном состоянии и при перспективном получении геотермальной энергии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Павлова А.К. посвящена проблеме повышения эффективности использования возобновляемых источников энергии, актуальность которой в условиях глобального истощения традиционных видов энергетических ресурсов в мире не вызывает сомнений. Хорошо известно, что особенно актуальной поставленная в работе задача является для Камчатки как энергетически изолированного региона, где, как показано в работе, уже на данный момент до 30% всей потребляемой энергии обеспечивается за счет геотермальных источников региона и где имеется огромный потенциал для наращивания вырабатываемой мощности геотермальных источников. Высокоактуальными являются исследования характеристик теплопереноса в массиве горных пород, вмещающих близповерхностные магматические очаги, выполненные с целью освоения высокопотенциальных источников геотермальной энергии.

Научная значимость и новизна диссертационной работы

Научная значимость и новизна работы определяются тем, что на основе собранного и проанализированного представительного комплекса геолого-геофизической информации, полученной в ходе многолетних исследований изучаемого блока земной коры, с использованием современных методов и средств разработана трехмерная численная модель теплопереноса в горных породах Авачинской геотермальной площади. Важными особенностями и достоинствами разработки являются следующие факторы:

- в модели учитываются фазовые переходы теплоносителя в полном диапазоне возможных состояний, используются представительные экспериментальные данные о тепловых свойствах пород и теплоносителя в диапазоне температур и давлений до 1200°C и 1 ГПа, принимаются во внимание наличие зон повышенной проницаемости пород и фактический рельеф поверхности геотермальной системы;

- на базе разработанной модели установлены закономерности распределения температуры и фазового состояния теплоносителя в массиве горных пород, охватываемом геотермальной системой;

- при помощи разработанной модели установлены закономерности распределения температуры, давления, водонасыщенности и фазового состояния теплоносителя в продуктивном коллекторе с условиями, соответствующими начальным надкритическим термодинамическим условиям Авачинской площади при его эксплуатации по технологии циркуляционных систем;

- установлены рациональные технологические параметры геотермальной циркуляционной системы типа «дублет», соответствующие максимальной мощности и эффективности системы при перспективном освоении тепловых ресурсов Авачинской площади.

Степень достоверности и обоснованности научных положений и выводов

Достоверность и обоснованность изложенных в диссертационной работе результатов исследований, научных положений и выводов определяются следующим.

В рамках научных исследований при подготовке диссертационной работы автором использованы:

– значительный объем необходимой геолого-геофизической информации об объекте исследований, накопленной широким кругом специалистов, начиная с 1960-х гг.;

– экспериментальные данные о комплексе тепловых свойств горных пород, полученные по результатам лабораторных измерений на хорошо сформированных коллекциях образцов пород, отобранных на объекте исследования, с применением современной аппаратуры, имеющей необходимое метрологическое обеспечение;

– результаты многих численных экспериментов, выполненные в количестве более 100 вариантов, при широком диапазоне исходных параметров.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 9 статьях в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией РФ, и достаточно широко апробированы на конференциях.

Основное содержание работы

В главе 1 представлен аналитический обзор результатов ранее выполненных исследований теплового режима рассматриваемого объекта, охарактеризована его потенциаль-

ная тепловая мощность; установлены геолого-геофизические, гидрогеологические, геохимические характеристики системы; сформулированы цель и задачи исследований. Материалы и выводы главы 1 достаточно хорошо основываются на большом объеме исследований, выполненных в течение многих лет научными сотрудниками многих организаций. Используемые при подготовке материалов главы 1 публикации охватывают достаточно продолжительный период времени – с 1964 г. по 2016 г., т.е. характеризуют как результаты исследований начального периода изучения Авачинской геотермальной площади, так и данные самых последних исследований.

В главе 2 с использованием сформированного комплекса геолого-геофизической информации построена концептуальная модель Авачинской геотермальной площади. Оценены и обоснованы параметры основных доменов модели. Установлены варианты реализации модели для двух доминирующих типов теплопереноса: кондуктивного и конвективного. Подходы к построению концептуальной модели достаточно хорошо обоснованы автором. Построение модели осуществлено с учетом всех необходимых физических и геолого-геофизических факторов.

В главе 3 описана численная трехмерная термогидродинамическая модель Авачинской геотермальной площади, разработанная автором на основе концептуальной модели, обоснованной и охарактеризованной в главе 2. На основе численной трехмерной термогидродинамической модели выполнены расчеты и анализ параметров теплопереноса в породах системы. Значительный объем расчетов и достаточно широкий диапазон использованных исходных данных позволили установить зависимости конфигурации изотерм и границ надкритического состояния флюида в породах от параметров очага при двух доминирующих типах теплопереноса.

В главе 4 по результатам численных экспериментов и установленных зависимостей установлены рациональные технологические параметры эксплуатации геотермальной циркуляционной системы типа «дублет» при начальных условиях, соответствующих сверхкритическим термодинамическим в породах Авачинской геотермальной площади, с целью перспективного получения геотермальной энергии. Важным результатом работы является выполненная автором в итоге технико-экономическая оценка перспективной разработки тепловых ресурсов Авачинской геотермальной площади по технологии геотермальных циркуляционных систем, выполненная на основе всего комплекса проведенных исследований.

Замечания

К недостаткам работы следует отнести крайний недостаток параметрических исследований численной модели теплопереноса в породах Авачинской геотермальной площади, которые должны были бы показать влияние неопределенностей в исходных данных на вариации результатов моделирования и расчетов. Параметрические исследования дополнительно охарактеризовали бы надежность сделанной автором технико-экономической оценки перспективной разработки тепловых ресурсов Авачинской геотермальной площади по технологии геотермальных циркуляционных систем. Такие исследования позволили бы выделить критически важные характеристики системы, требующие уточнения для повышения надежности результатов моделирования и сделанных на его основе выводов. В современной практике моделирования проведение параметрических исследований становится практически обязательным. Можно пожелать автору выполнить такие исследования в самом в ближайшем будущем.

Хотя экспериментальные данные о тепловых свойствах пород получены автором на весьма представительных коллекциях образцов пород и с применением самой современной и эффективной аппаратурно-методической базы, тем не менее, из содержания работы остается неясным, учитывал ли автор при формировании исходных данных о тепловых свойствах пород, приведенных в таблице 5 главы 2, влияние повышенных температур. В рассматриваемом диапазоне температур это влияние может изменять теплопроводность и объемную теплоемкость на десятки процентов. Безусловно, подобные экспериментальные исследования продолжают оставаться в современной геотермии серьезной проблемой и надежность имеющихся редких до последнего времени опубликованных результатов на эту тему оставалась весьма неопределенной, тем не менее, остается надеяться, что при формировании исходных данных по тепловым свойствам пород автором были учтены собственные результаты подобных исследований. Если это не было сделано, то можно рекомендовать автору использовать для указанной цели опубликованные результаты экспериментальных исследований У.Зайпольда, С.Эмирова, Ю.Попова и некоторых других авторов.

Приведенные выше замечания носят рекомендательный характер и не влияют существенно на общую оценку работы.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 153 наименований, содержит 123 страницы машинописного текста, 38 рисунков, 11 таблиц.

Заключение

Представленная на отзыв диссертация Павлова Кирилла Алексеевича, несмотря на отмеченные недостатки, оценивается как законченная научно-квалификационная работа, посвященная решению актуальной задачи количественной оценки термогидродинамических характеристик в породах Авачинской геотермальной площади и установления рациональных параметров освоения ее тепловых ресурсов по технологии геотермальных циркуляционных систем.

Автореферат и научные публикации достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

По совокупности использованных в работе современных методов исследований, полученных новых научных результатов и их практической значимости рассматриваемая диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Павлов Кирилл Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук,
профессор,
заслуженный деятель науки РФ,
почетный председатель Международной комиссии по тепловому потоку IASPEI,
должность – профессор Сколковского института науки и технологий

Попов Юрий Анатольевич



Подпись официального оппонента, д.ф.-м.н. Попова Юрия Анатольевича удостоверяю

Юриеконсульт
Дуденков м.б
Дуд

«03» октября 2017 г.



Сколковский институт науки и технологий, Территория Инновационного Центра «Сколково», ул. Нобеля, д.3, Москва, 143026, Россия

Тел.: +7-495-280 14 81 доб. 3102 (раб.), +7-910-463 56 69 (моб.)

E-mail: y.popov@skoltech.ru

Я, Попов Юрий Анатольевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

01.10.2017



Попов Ю.А.