«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова»
к.т.н., доцент Сайдумов М.С.
«07» 04 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» на диссертацию Черкасова Сергея Владимировича на тему «Методологические аспекты создания и эксплуатации геотермальных природно-техногенных систем» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Представленная диссертационная работа выполнена в ФГБУН Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского Российской академии наук и посвящена решению важной научно-технической проблемы – разработке методологии эффективного экологически чистого использования геотермальной энергии.

Актуальность исследования связана с ростом интереса к возобновляемым источникам энергии в целом, и к использованию геотермальных ресурсов в хозяйственной деятельности, в частности. Одной из основных проблем при реализации такого интереса является создание природно-техногенных систем теплоотбора, и предлагаемая методология решает данную проблему с учетом геоэкологических аспектов, с одной стороны, и современного состояния технологий, с другой стороны.

Структура диссертационной работы соответствует цели и задачам исследования. Диссертация состоит из введения, семи глав основного текста, заключения, выводов, списка литературы из 149 наименований и приложений. Общий объем работы – 249 страниц с 62 рисунками,12 таблицами и 9 приложениями.

Во **введении** обоснована актуальность темы, определены цель и задачи исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, дается оценка научной и практической значимости работы, показан личный вклад диссертанта.

В первой главе рассматриваются данные современных научных исследований и результаты практического использования тепла Земли, на основе которых устанавливаются первоочередные направления развития геотермальной энергетики в Российской Федерации.

Вторая глава посвящена существующим классификациям и созданию актуализированной генерализованной классификации геотермальных ресурсов на основе применяемых в настоящее время способов их использования.

В третьей главе определяются основные геоэкологические аспекты геотермальной энергетики и обосновывается преимущество гидротермальных систем перед петротермальными на современном уровне развития технологий бурения и теплоотбора в Российской Федерации.

Четвертая глава содержит описание разработанной методологии создания гидротермальных природно-техногенных систем, включая задачи и методы их решения на разных стадиях создания объектов геотермальной энергетики.

В рамках **пятой главы** представлена реализация предлагаемой методологии на примере Ханкальской опытно-промышленной геотермальной станции.

Глава 6 посвящена научному обоснованию эффекта остаточного дебита геотермальной циркуляционной системы, возможностям его дальнейшего исследования на Ханкальской опытно-промышленной геотермальной станции, а также перспективам использования для повышения эффективности объектов геотермальной энергетики.

В **седьмой главе** приводятся результаты беспилотной инфракрасной съемки территории Ханкальского месторождения теплоэнергетических вод и предлагается способ интерпретации полученных результатов с целью выявления участков разлива термальных вод на земную поверхность.

В **заключении** кратко изложены наиболее важные результаты исследования.

По результатам работ сформулированы **выводы**, имеющие значение как для развития геотермальной энергетики в целом, так и для создания конкретных объектов геотермальной энергетики.

Содержание диссертационной работы обладает внутренним единством и подчинено единой цели исследования.

Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертационной работы.

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

1. Разработана генерализованная актуализированная классификация геотермальных ресурсов по способам их использования, определены наиболее перспективные на

настоящий момент способы использования геотермальной энергии и систематизированы геоэкологические риски геотермальной энергетики.

2. На основе подхода к геотермальным системам теплоотбора как к природно-техногенным системам разработана методология создания и эксплуатации объектов геотермальной энергетики.

3. Научно обоснован эффект остаточного дебита гидротермальной циркуляционной системы и определены перспективы его использования для оптимизации взаимодействия природных и техногенных геотермальных подсистем.

4. Разработана программа исследований эффекта остаточного дебита циркуляционной системы теплоотбора.

5. Предложен способ интерпретации данных беспилотной инфракрасной съемки, обеспечивающий выделение тепловых аномалий, связанных с технологическими и аварийными разливами теплоносителя в процессе эксплуатации месторождений теплоэнергетических вод.

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов подтверждается, в первую очередь, результатами применения разработанной методологии при создании первой в Российской Федерации дублетной циркуляционной системы на Ханкальском месторождении теплоэнергетических вод, где по результатам геологического моделирования и моделирования температурной деградации резервуара, выполненного под руководством автора, были определены параметры технического задания на проектирование системы. В части дальнейшего использования эффекта остаточного дебита С.В. Черкасовым обоснованно сделан вывод о необходимости дополнительных исследований эффекта и предложена программа таких исследований. Результаты интерпретации беспилотной инфракрасной съемки заверены наземными наблюдениями и, также, не вызывают сомнений.

Теоретическая значимость результатов, полученных автором диссертации, заключается в следующем:

1. Синтез имеющихся знаний в области использования тепла Земли обеспечил обоснованность предложенной автором генерализованной классификации геотермальных ресурсов и систематизации геоэкологических рисков геотермальной энергетики;

2. Реализованный автором подход к геотермальным циркуляционным системам теплоотбора как к природно-техногенным системам стал основой для разработки методологии создания и эксплуатации циркуляционных систем геотермальной энергетики;

3. Теоретическое обоснование эффекта остаточного дебита циркуляционной системы объясняет механизм эффекта и определяет направления его дальнейшего исследования и использования.

Практическую значимость результатов диссертационной работы трудно переоценить, поскольку:

1. Вывод о приоритетности использования гидротермальных ресурсов в России определяет актуальное на настоящий момент направление развития геотермальной энергетики;
2. Первая в Российской Федерации дублетная циркуляционная система теплоотбора создана на Ханкальской опытно-промышленной геотермальной станции в соответствии с техническим заданием, разработанным с участием автора на основе данных, полученных под его руководством;
3. Эффект остаточного дебита циркуляционной системы может продлевать срок эксплуатации дублетной циркуляционной системы теплоотбора и повышать эффективность эксплуатации геотермальных ресурсов в целом;
4. Предложенный и проверенный на Ханкальском месторождении теплоэнергетических вод способ интерпретации результатов беспилотной инфракрасной съемки обеспечивает возможность оперативного обследования эксплуатируемых месторождений теплоэнергетических вод на предмет утечек теплоносителя.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Результаты диссертационного исследования рекомендуются к использованию:

- при принятии стратегических решений в области геотермальной энергетики;
- для геологического моделирования резервуаров теплоэнергетических вод;
- для моделирования температурной деградации резервуара теплоэнергетических вод при использовании систем теплоотбора с обратной закачкой теплоносителя;
- при разработке технических заданий на создание геотермальных систем теплоотбора;
- при исследованиях эффекта остаточного дебита циркуляционной системы;
- для мониторинга эксплуатации месторождений теплоэнергетических вод.

Замечания по диссертационной работе:

1. В актуализированной генерализованной классификации недостаточно четко обоснован температурный диапазон, соответствующий использованию геотермальных ресурсов с применением бинарных технологий.

2. Вывод о приоритетности развития гидротермальной энергетики по отношению к петротермальной желательно дополнить рекомендациями по мероприятиям, которые должны быть проведены для развития петротермального направления.

3. В работе не приведены протоколы испытаний циркуляционной системы.

4. При моделировании температурной деградации резервуара применялись разные методы моделирования. Был бы полезным сравнительный анализ методов моделирования.

Заключение

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Докторская диссертация Черкасова С.В. соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842:

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований, развивающих теорию и принципы использования геотермальных ресурсов, решена научная проблема разработки методологии эффективного экологически чистого использования геотермальной энергии, имеющая важное хозяйственное значение.

Декларируемая диссертантом цель работы – обеспечение эффективного экологически чистого использования геотермальных ресурсов – достигнута и отражена в результатах работы.

Диссертация написана автором самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выносимые на публичную защиту, и показывает личный вклад диссертанта в науку.

Все основные положения диссертации отражены в 36 опубликованных работах, из которых 14 публикаций в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, 11 статей в изданиях, индексируемых базами Scopus и Web of Science, свидетельство о регистрации программы для ЭВМ и 2 патента на полезные модели.

Тема и содержание диссертации соответствуют формуле и области исследования, приведённой в паспорте специальности 25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Таким образом, диссертационная работа Черкасова С.В. «Методологические аспекты создания геотермальных природно-техногенных систем» является научно-квалификационной работой, соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а автор работы Черкасов Сергей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Отзыв на диссертацию и автореферат Черкасова С.В. обсужден и одобрен на заседании кафедры «Прикладная геофизика и геоинформатика» ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (протокол № 7 от «16» марта 2021 года).

Отзыв составили:

Доктор физико-математических наук, (специальность 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых), профессор кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» Владислав Борисович Заалишвили

364051, г. Грозный, пр. Х.А. Исаева, 100
ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова»,
тел.: 8928-069-12-31, e-mail: vzaal@mail.ru

Кандидат геолого-минералогических наук (специальность 25.00.12 – Геология, поиски и разведка месторождений нефти и газа), и.о. зав. кафедрой «Прикладная геофизика и геоинформатика» ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова» Асламбек Сипаевич Эльжаев

364051, г. Грозный, пр. Х.А. Исаева, 100
ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова»,
тел.: 8928-783-84-84, e-mail: aslambek.elzhaev@mail.ru

Кандидат технических наук (специальность 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых), доцент кафедры «Прикладная геофизика и геоинформатика» ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова» Тимур Борисович Эзирбаев

364051, г. Грозный, пр. Х.А. Исаева, 100
ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова»,
тел.: 8928-087-85-73, e-mail: timersno@mail.ru

Подписи Заалишвили В.Б., Эльжаева А.С., Эзирбаева Т.Б. удостоверяю.
Нач. КУ М.Х. Ахмадаева
08.04.2021.