

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО СОВЕТА Д 999.234.02  
ПО ЗАЩИТЕ ДИССЕРТАЦИЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ  
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ» МИНИСТЕРСТВА  
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 09.06.2021 №9/2021

**О присуждении Черкасову Сергею Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.**

Диссертация «Методологические основы создания и эксплуатации природно-техногенных систем геотермальной энергетики» по специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых принята к защите 03.03.2021г., протокол 5/2021, диссертационным советом Д 999.234.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Геологический институт Российской академии наук», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.23, диссертационный совет создан приказом Минобрнауки России № 27/нк от 27.01.2020 г.

Соискатель Черкасов Сергей Владимирович, 1959 года рождения, в 2000 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности 04.00.11. Общая и региональная геология на тему «Основные элементы глубинного строения Северо-Енисейского и Гонжинского золоторудных районов и региональные критерии прогноза», с присуждением ученой степени кандидата геолого-минералогических наук (приказ № 50К/17 от 08.12.2000 г.) в диссертационном совете Д.071.08.01 на базе Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ) (Диплом серия КТ №034671).

Черкасов Сергей Владимирович в настоящее время работает в ФГБУН Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН в должности директора.

Диссертация выполнена в ФГБУН Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – Малышев Юрий Николаевич, академик РАН, президент Академии горных наук, доктор технических наук, президент ФГБУН «Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН».

Официальные оппоненты:

- **Алексеевко Сергей Владимирович**, академик РАН, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией проблем тепломассопереноса ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук;

- **Булаева Нуржаган Маисовна**, доктор технических наук, генеральный директор ООО «Центр сопряженного мониторинга окружающей среды и природных ресурсов»;

- **Пашкевич Роман Игнатьевич**, доктор технических наук, директор ФГБУН Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук;

дали **положительные отзывы на диссертацию** и указали, что диссертация Черкасова С.В. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, решена научная проблема, имеющая важное социально-экономическое и хозяйственное значение. Автором изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, способствовавшие внедрению циркуляционной системы в Чеченской республике и направленные на развитие геотермальной энергетики как альтернативного источника энергии. Автором научно обоснован эффект остаточного дебита гидротермальной циркуляционной системы и определены перспективы его использования для оптимизации взаимодействия природных и техногенных геотермальных подсистем. На основе проведенных исследований предложен способ интерпретации данных беспилотной инфракрасной съемки, обеспечивающий выделение тепловых аномалий, связанных с технологическими и аварийными разливами теплоносителя в процессе эксплуатации месторождений теплоэнергетических вод. Полученные автором результаты имеют высокую значимость для науки и практики, диссертация представляет собой крупный вклад в создание научных основ геотермальной энергетики.

**Ведущая организация** в своем положительном отзыве, подписанном сотрудниками ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени

академика М.Д. Миллионщикова» профессором кафедры «Строительные конструкции» д.ф.-м.н. Заалишвили В.Б., и.о. зав. кафедрой «Прикладная геофизика и геоинформатика» к.г.-м.н. Эльжаевым А.С., доцентом кафедры «Прикладная геофизика и геоинформатика» к.т.н. Эзирбаевым Т.Б. и утвержденном проректором по научной работе ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» Сайдумовым М.С. указала, что диссертация Черкасова С.В. 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. В отзыве отмечено, что **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.

Диссертация написана автором самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выносимые на публичную защиту, и показывает личный вклад диссертанта в науку. Тема и содержание диссертации соответствуют формуле и области исследования, приведённой в паспорте специальности 25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Диссертационная работа Черкасова С.В. «Методологические аспекты создания геотермальных природно-техногенных систем» является научно-квалификационной работой, соответствует п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», а автор работы Черкасов Сергей Владимирович заслуживает присуждения учёной степени доктора

технических наук по специальности 25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Все основные положения диссертации отражены в 36 опубликованных работах, из которых 11 статей в изданиях, индексируемых базами Scopus и Web of Science, 13 публикаций в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, не входящих в базы Scopus и Web of Science, свидетельство о регистрации программы для ЭВМ и 2 патента на полезные модели. Общий объем печатных работ по теме диссертационной работы, опубликованных в изданиях из перечней ВАК, Scopus и Web of Science – 16,99 п.л., вклад соискателя – 6,37 п.л.

**Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:**

*Публикации, включенные в международные базы Scopus и Web Of Science:*

1. Cherkasov S.V., Churikova O.G., Gordeichik B.N., Bekmurzaeva L.R., Farkhutdinov A.I. The state and prospects for the utilization of geothermal resources in the Russian Federation // Ecology, Environment and Conservation. 2015. Т. 21. № November. pp. 67-77. (0,95/0,7 п.л.)
2. Cherkasov S.V., Farkhutdinov A.M., Rykovanov D.P., Shaipov A.A. The use of unmanned aerial vehicle for geothermal exploitation monitoring: Khankala field example // Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. 2018. Т. 6. № 2. pp. 351-362. (0,74/0,5 п.л.)
3. Cherkasov, S.V., Farkhutdinov, A.M. & Shaipov, A.A. The residual flow effect in a geothermal loop. Dokl. Phys. 2020. №65. pp.128–130. (0,3/0,2 п.л.)
4. Farkhutdinov A., Goblet P., de Fouquet C., Cherkasov S.V. A case study of the modeling of a hydrothermal reservoir: Khankala deposit of geothermal waters // Geothermics. 2016. Т. 59. pp. 56-66. (0,68/0,15 п.л.)
5. Farkhutdinov A., Goblet P., De Fouquet C., Ismagilov R., Farkhutdinov I., Cherkasov S. The use of computer modelling to forecast the sustainability in the development of geothermal waters resource: Khankala deposit example // International Journal of Renewable Energy Research. 2015. Т. 5. № 4. pp. 1062-1068. (0,57/0,1 п.л.)
6. Farkhutdinov A.M., Goblet P., Cherkasov S.V. Computer modelling in geothermal waters reservoirs exploitation on the example of the Khankala deposit // Ecology, Environment and Conservation. 2015. Т. 21. № November. pp. S87-S91. (0,4/0,1 п.л.)
7. Mintshev M.Sh., Machigova F.I., Khadasheva Z.S., Cherkasov S.V., Churikova T. Mineral resources of the geothermal sources of the North Caucasus // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. Т. 11. № 18. pp. 12973-12984. (1,2/0,2 п.л.)

8. Sterligov B.V., Cherkasov S.V. UAV monitoring of a geothermal field in operation: Khankala reservoir, Northern Caucasus // Исследования по геоинформатике: труды Геофизического центра РАН. 2016. Т. 4. № 2. pp. 114. (0,04/0,02 п.л.)
9. Zaurbekov S.S., Mintsaeв M.S., Labazanov M.M., Cherkasov S.V., Butuzov V.V. Results of design development for the pilot geothermal plant at the Khankala deposit in Chechen Republic // Ecology, Environment and Conservation. 2015. Т. 21. pp. 134-139. (0,5/0,1 п.л.)
10. Zaurbekov S.S., Mintsaeв M.S., Shaipov A.A., Labazanov M.M., Cherkasov S.V. The results of the construction project design of a pilot geothermal station with a circulation loop of heat extraction at the Khankala deposit of the Chechen Republic // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. Т. 6. № 3. pp. 1941-1949. (0,7/0,2 п.л.)
11. Zaurbekov Sh.Sh., Mintsaeв M.Sh., Shaipov A.A., Machigova F.I., Churikova T.G., Cherkasov S.V., Gairabekov I.G. Prospects of multilevel use of geothermal resources of the Khankala deposit of the Chechen Republic // Information. 2016. Т. 19. № 2. pp. 437-443. (0,74/0,1 п.л.)

*Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:*

1. Гареев А.М., Фархутдинов А.М., Фархутдинов И.М., Черкасов С.В. Современное состояние и перспективы использования теплоэнергетических вод Российской Федерации (на примере Ханкальского месторождения) // Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19. № 3. С. 887-892. (0,7/0,2 п.л.)
2. Заурбеков Ш.Ш., Минцаев М.Ш., Шаипов А.А., Лабазанов М.М., Черкасов С.В. Пилотная геотермальная станция: возможности получения экологически чистой энергии // Экология производства, 2016. № 2. С. 63-67. (0,5/0,1 п.л.)
3. Мальшев Ю.Н., Титова А.В., Черкасов С.В., Булов С.В., Чесалова Е.В. Сравнительный анализ современных методов мониторинга техногенных объектов // Горная промышленность. 2017. № 6 (136). С. 46-49. (0,68/0,4 п.л.)
4. Мачигова Ф.И., Бекмурзаева Л.Р., Шаипов А.А., Черкасов С.В. Геохимические исследования термальных вод Ханкальского месторождения Чеченской Республики // Устойчивое развитие горных территорий. 2014. Т. 6. № 2. С. 61-64. (0,33/0,1 п.л.)
5. Фархутдинов А.М., Исмагилов Р.А., Фархутдинов И.М., Черкасов С.В., Минцаев М.Ш. Перспективы использования теплоэнергетических вод Чеченской Республики на базе опыта аналогичных работ во Франции (Парижский бассейн) // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 398. С. 257-264. (0,65/0,2 п.л.)

6. Фархутдинов А.М., Фархутдинов И.М., Исмагилов Р.А., Черкасов С.В. Перспективы использования геотермальных вод в Предкавказской предгорной зоне (Ханкальское месторождение) // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2014. Т. 19. № 4. С. 34-43. (1,16/0,4 п.л.)
7. Фархутдинов А.М., Фархутдинов И.М., Черкасов С.В., Исмагилов Р.А., Хайрулина Л.А. Применение компьютерного моделирования для устойчивой эксплуатации термальных подземных вод Ханкальского месторождения // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 12. С. 7-17. (1,28/0,2 п.л.)
8. Фархутдинов А.М., Хамитов И.Ш., Черкасов С.В., Минцаев М.Ш., Заурбеков Ш.Ш., Шайпов А.А., Лабазанов М.М. Термальные подземные воды восточно-предкавказского артезианского бассейна: экономические аспекты использования на примере Ханкальского месторождения // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 1. С. 50-61. (1,4/0,3 п.л.)
9. Фархутдинов А.М., Черкасов С.В., Гучигов И.Х., Шайпов А.А., Рыкованов Д.П. Мониторинг эксплуатации термальных подземных вод с помощью беспилотного летательного аппарата на примере Ханкальского месторождения // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2017. Т. 23. № 2 (86). С. 75-82. (0,93/0,4 п.л.)
10. Фархутдинов А.М., Черкасов С.В., Минцаев М.Ш., Шайпов А.А. Термальные подземные воды Чеченской Республики: новый этап использования // Природа. 2017. № 3 (1219). С. 28-35. (0,93/0,4 п.л.)
11. Черкасов С.В., Фархутдинов А.М. Ресурсы термальных подземных вод: геологические факторы оценки и освоения // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2017. № 6. С. 21-26. (0,86/0,7 п.л.)
12. Черкасов С.В., Фархутдинов А.М., Фархутдинов И.М. Интерпретация данных беспилотной инфракрасной съемки при геоэкологическом мониторинге эксплуатации гидротермальных природно-технических систем // Мониторинг. Наука и технологии. 2020. № 4(46). С. 32-37. (0,45/0,4 п.л.)
13. Черкасов С.В., Фархутдинов А.М., Шайпов А.А. Об эффекте остаточного дебита геотермальной циркуляционной системы теплоотбора // Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки, 2020, том 491, с. 90–92. (0,3/0,2 п.л.)

**На автореферат поступили положительные отзывы, в количестве 11 шт., от:**

1. *Амерханова Роберта Александровича*, доктора технических наук, профессора кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии факультета энергетики ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т.

Трубилина (*г. Краснодар*). Замечания: Некоторым недостатком диссертационной работы является недостаточная глубина изложения отдельных аспектов проведенных исследований, однако этот недостаток окупается полнотой охвата проблем, связанных с созданием систем теплопотребления, что является не только основным достоинством работы, но и ключевым показателем новизны полученных результатов.

2. *Кутинова Юрия Григорьевича*, доктора геолого-минералогических наук, главного научного сотрудника Института геодинамики и геологии ФГБУН Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова (ФИЦКИА РАН) (*г. Архангельск*). Замечания: 1. Недостаточно рассмотрены геоэкологические риски при эксплуатации гидротермальных ресурсов, например возникновение геодепрессий; 2. Не рассмотрены возможности детальных космических тепловых съемок, что позволило бы в отличие от БПЛА значительно расширить площадь исследований.

3. *Зырянова Игоря Владимировича*, доктора технических наук, заместителя директора по научной работе института «Якутниипроалмаз» (*г. Мирный*). Замечания: 1. Понятие эффективности несет в себе и экономический смысл. Отсутствие сравнения стоимости получения энергии с уже используемыми источниками не позволяет корректно определить направление исследований; 2. В автореферате упомянуты сроки окупаемости некоторых видов геотермальных электростанций, но каждую технологию надо рассматривать отдельно в конкретных условиях и сравнивать с другими доступными источниками энергии, а так эффективность установок – чисто теоретическая; 3. В автореферате не рассмотрены вероятные последствия аварий и возможности их устранения, учитывая, что в толще пород не так уж просто предпринимать какие-то действия, тем более – оперативные; 4. Из автореферата не понятно, как учитывался фактор влияния водоотбора на запасы термальных вод. Не определены подходы и критерии максимально допустимого водоотбора, не разработаны критерии отнесения сработанности пласта; 5. При описании функционирования опытной гидротермальной установки не приведена информация о расположении эксплуатационных и закачных скважин относительно направления естественного потока подземных вод; 6. При объяснении природы формирования гидротермальных вод не учитывается структурно-тектонический фактор, а также тот факт, что основной причиной нагрева подземных вод на Ханкальском месторождении являются геологические процессы, связанные прежде всего с тектоникой плит, сопряженные в данном месте с коллизионными процессами и динамометаморфизмом; 7. В работе отсутствует информация о стратификации и

корреляции фиксируемых гидротермальных источников и геологических процессов, приводящих к их формированию. Приводится только весьма обобщенная информация.

4. *Чесалова Леонида Евгеньевича*, доктора технических наук, профессора, заместителя генерального директора ФГБУ Геоспецгеология (г. Москва). Замечания: 1. Недостаточная широта апробации предлагаемой методологии на производственных объектах, что, к сожалению, объясняется низкой степенью использования геотермальной энергетики в стране в целом, обусловленной как экономическими причинами (низкая цена на газ), так и другими (нормативная база, кадровое обеспечение и др.). Фактически, станция, на которой проведена апробация работы, является единственным крупным объектом геотермальной энергетики, реализованным в стране за последние годы.

5. *Марьяндашева Павла Андреевича*, доктора технических наук, первого проректора по стратегическому развитию и науке, профессора кафедры теплоэнергетики и теплотехники ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Архангельск). Замечаний нет.

6. *Коцуга Дмитрия Гурьевича*, доктора геолого-минералогических наук, заведующего кафедрой минералогии геологического факультета Московского государственного университета (г. Москва). Замечаний нет.

7. *Дутовой Екатерины Матвеевны*, доктора геолого-минералогических наук, профессора Томского государственного университета (г. Томск). Замечания: необходимо использовать опыт и наработки гидрогеологов по изучению термальных вод районов современного вулканизма и крупных артезианских платформенных структур платформенного типа по моделированию эволюции гидрогеологических условий при эксплуатации термальных вод.

8. *Костицына Юлия Александровича*, академика РАН, доктора геолого-минералогических наук, заведующего лабораторией ГЕОХИ РАН. Замечания: В тексте неоднократно упоминается и обсуждается важность учета минерализации термальных вод при разработке объектов геотермальной энергетики, однако оставлено за скобками влияние химического состава минерализованных вод на их агрессивность по отношению к окружающей среде и технологическому оборудованию.

9. *Токарева Михаила Юрьевича*, кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника кафедры сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва). Замечаний нет.

10. *Амтилова Юлия Петровича*, доктора физико-математических наук, профессора кафедры сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, заслуженного деятеля науки РФ (г. Москва). Замечание: По результатам



анализа автореферата можно высказать общее замечание, касающееся перспектив промышленного масштабирования технологий использования тепла земных недр. На пути данного направления еще очень много препятствий, не только технологического и экологического плана, но, прежде всего, экономического. Например, даже в таком богатом земным теплом регионе, как Камчатка, эксплуатация давно работающей Мутновской ГТЭС возможна за счет льгот и дотаций к тарифам. Поиск геотермальных резервуаров с приемлемой температурой, последующее бурение и эксплуатация скважин обходятся даже здесь очень дорого. Немногим лучше ситуация и в других странах также по причине высокой себестоимости. И нынешний вектор цивилизации на «озеленение» энергетики пока не дает таких преференций для геотермальной энергии, которую получают ветровая и солнечная. Так, на сегодняшний день в мире около 700 Гвт установленных мощностей солнечной энергии, более 800 – ветровой. Каждая из них уже превзошла установленные мощности АЭС (более 400 Гвт). На этом фоне ничтожные 20 Гвт «геотермальных мощностей» в мире практически незаметны. Требуются новые недорогие материалы с высокой коррозионной стойкостью и менее затратные технологии, чтобы это стало значимым в энергобалансе цивилизации. Данная диссертация может стать еще одним шагом на пути к освоению энергии земных недр.

11. *Владимирова Владислава Валерьевича*, первого заместителя генерального директора АО «РусВэллГруп» (г. Москва). Замечаний нет

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их соответствием требованиям пп.22-24 «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней». Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 01.10.2018 г., с изм. от 26.05.2020 г.). Официальные оппоненты по диссертации входят в число компетентных в соответствующей отрасли науки ученых, имеющих публикации в соответствующей сфере исследования.

Алексеев Сергей Владимирович, академик РАН, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией проблем теплопереноса ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, является всемирно известным ученым в области теплофизики.

Булаева Нуржаган Маисовна, доктор технических наук, генеральный директор ООО «Центр сопряженного мониторинга окружающей среды и природных ресурсов», является признанным ученым в области геоинформационных систем и технологий для решения проблемно-ориентированных прикладных задач, а также мониторинга окружающей среды.

Пашкевич Роман Игнатьевич, доктор технических наук, директор ФГБУН Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения РАН, является известным ученым в области геотермальных исследований.

Ведущая организация широко известна своими достижениями в соответствующей отрасли науки. ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» широко известен своими работами в самых различных областях, в т.ч. – в области изучения, оценки, и использования геотермальных ресурсов. В частности, на Ханкальском месторождении теплоэнергетических вод университетом создана единственная в Российской Федерации дублетная циркуляционная система теплоотбора.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

-**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.

-**разработана** методология создания и эксплуатации объектов геотермальной энергетики;

-**введено в научный оборот** понятие эффекта остаточного дебита гидротермальной циркуляционной системы,

-**разработана программа исследования эффекта** и определены перспективы его использования для оптимизации взаимодействия природных и техногенных геотермальных подсистем,

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

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- **предложен** подход к системам теплоотбора геотермальной энергетики как к природно-техногенным системам, и на основе этого подхода разработана методология создания геотермальных природно-техногенных систем;

- **предложена** генерализованная актуализированная классификация геотермальных ресурсов по способам их использования,

- **определены** наиболее перспективные на настоящий момент способы использования геотермальной энергии,
- **систематизированы** геозкологические риски геотермальной энергетики;
- **научно объяснен** эффект остаточного дебита гидротермальной циркуляционной системы;
- **разработана** методология создания и эксплуатации геотермальных природно-техногенных систем;
- **предложен** способ интерпретации данных беспилотной инфракрасной съемки, обеспечивающий выделение тепловых аномалий, связанных с технологическими и аварийными разливами теплоносителя в процессе эксплуатации месторождений теплоэнергетических вод.

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

- **разработана** методология создания природно-техногенных гидротермальных систем, обеспечивающая оптимизацию взаимодействия природной и техногенной подсистем, и, как следствие, – минимизацию геозкологических рисков при создании и эксплуатации объектов геотермальной энергетики.
- **разработана** программа исследований эффекта остаточного дебита и **установлена** возможность его использования для повышения эффективности циркуляционных систем теплоотбора;
- **разработан** пакет программного обеспечения GEOTHERM для моделирования изменения полей давлений, скоростей потока и температур в резервуаре при использовании циркуляционной схемы теплоотбора;
- **определены** преимущества использования месторождений теплоэнергетических вод перед технологиями теплоотбора из «сухих» горячих пород с точки зрения, как геозкологии, так и существующих технологий;
- **представлена** оценка температурной деградации резервуара теплоэнергетических вод при эксплуатации циркуляционной системы;
- **представлен** и опробован способ интерпретации результатов беспилотной инфракрасной аэросъемки, обеспечивающий обнаружение утечек на скважинах и в системе трубопроводов.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее.**

Достоверность результатов 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 теплоотбора.

Научное объяснение эффекта остаточного дебита циркуляционной системы выполнено корректно и ясно, а в части дальнейшего использования эффекта автором обоснованно сделан вывод о необходимости дополнительных исследований и предложена программа таких исследований.

Результаты интерпретации беспилотной инфракрасной съемки заверены наземными наблюдениями и также не вызывают сомнений.

Установлено, что выводы диссертационной работы согласуются с содержанием исследований и основными положениями опубликованных ранее работ.

**Личный вклад соискателя состоит в создании актуализированной генерализованной классификации геотермальных ресурсов, разработке нового подхода к системам теплоотбора как к природно-техногенным геотермальным системам, разработке методологии создания и эксплуатации таких систем, научном обосновании и разработке программы исследований эффекта остаточного дебита циркуляционной системы. Также соискателем предложены и опробованы на Ханкальском месторождении теплоэнергетических вод метод мониторинга эксплуатации природно-техногенных геотермальных систем с использованием беспилотной инфракрасной аэросъемки и способ интерпретации результатов, обеспечивающий выявление технологических и аварийных разливов теплоносителя.**

Диссертационное исследование Черкасова Сергея Владимировича является научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно, отвечает всем критериям п. 9-11,13,14 действующего постановления правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 01.10.2018 г. с изм. от 26.05.2020 г.) «О порядке присуждения ученых степеней», в которой на основании выполненных автором исследований, развивающих теорию и принципы использования геотермальных ресурсов, решена научная проблема разработки методологии эффективного экологически чистого использования геотермальной энергии, имеющая важное хозяйственное значение. Автором разработаны технические и технологические решения, внедренные в ходе проектирования и строительства циркуляционной системы Ханкальской опытно-промышленной геотермальной станции. Объяснен эффект остаточного дебита гидротермальной циркуляционной системы, разработана программа исследований эффекта и проанализированы перспективы его использования. Разработан и опробован

способ интерпретации данных беспилотной инфракрасной съемки при изучении аварийных разливов теплоносителя в процессе эксплуатации месторождений теплоэнергетических вод.

На заседании 09 июня 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Черкасову Сергею Владимировичу ученую степень доктора технических наук по специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых, участвующих в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: «За» присуждение ученой степени 15, «против» присуждения ученой степени 1.

Председатель

диссертационного совета Д 999.234.02

доктор геолого-минералогических наук,

профессор



Керимов В.Ю

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 999.234.02

доктор технических наук,

профессор

Брюховецкий О.С.

09.06.2021 г.