



**Объект исследования** – современные гидротермальные системы, геотермальные месторождения и термальные поля (термоаномалии) одного из крупнейших на Камчатке Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района.

**Актуальность темы диссертационного исследования** определяется тем, что современные гидротермальные системы и геотермальные месторождения представляют повышенный интерес для фундаментальной науки. Их формирование связано с активными геодинамическими зонами Земли, контактами региональных тектонических блоков, глубинными сквозькоровыми разломами, крупными интрузивными телами. В связи с этим возможно изучение их геологической структуры геофизическими методами с получением информации о ярко выраженных аномалиях: магнитного поля, распространения упругих волн, электромагнитного поля, контрастных значений поля силы тяжести.

Использование геотермальной энергии является одним из приоритетных направлений в современной энергетической повестке Российской Федерации. Широко известно, что Камчатский край обладает богатейшими геотермальными ресурсами, использование которых может обеспечить все потребности региона в электрической и тепловой энергии. На сегодняшний день на полуострове только два геотермальных месторождения (Паужетское и Мутновское) обеспечивают устойчивую работу ГеоЭС суммарной мощностью 74 МВт, при необходимых Камчатскому краю 500 МВт. На государственном балансе края находятся 16 геотермальных месторождений, запасы по которым утверждены на том или ином уровне. Исследования глубинного строения гидротермальных систем и зоны разгрузки парогидротерм, в частности, необходимы для решения фундаментальных научных проблем, касающихся взаимодействия магматических источников с приповерхностными и глубинными флюидами, а также, несомненно, найдут свое применение в практических целях разведки геотермальных месторождений и продуктивном использовании тепла Земли.

#### **Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации:**

- активное участие в полевых геофизических работах на всех гидротермальных системах Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района;
- руководство магнитометрическим направлением: выполнение полевой съемки, обработка данных, анализ и интерпретация полученных результатов;
- проведение полевых измерений на объектах исследования методами микросейсмического зондирования, вертикального электрического зондирования;
- участие в построении гравимагнитных разрезов, а также в создании геолого-геофизических моделей строения парогидротерм Паужетской, Камбальной и Кошелевской гидротермальных систем, представленных в работе.

#### **Степень достоверности результатов**

Достоверность данных, представленных в диссертационной работе, обеспечивается использованием современной аппаратуры для проведения геофизических исследований и стандартных методик (программного обеспечения) расчетов физических параметров. Обоснованность и достоверность научных выводов, содержащихся в работе, подтверждаются согласованностью как полученных результатов геофизических исследований между собой, так и полученных моделей с имеющейся детальной геолого-геофизической информацией по рассматриваемому району.

#### **Научная новизна результатов**

1. Впервые получены комплексные геолого-геофизические данные о строении зоны разгрузки парогидротерм основных гидротермальных систем Паужетско-Камбально-

Кошелёвского геотермального района, в т.ч. ранее не изученного наземными геофизическими методами Камбального вулканического хребта.

2. На основе анализа полученных данных, а также имеющейся геологической информации об объектах исследований построены концептуальные модели строения зоны разгрузки Паужетских, Камбальных и Кошелёвских парогидротерм.

3. Определены геологические структуры, контролирующие потоки термальных вод в верхних горизонтах земной коры. Показаны принципиальные различия в строении зон разгрузки парогидротерм трех гидротермальных систем Камчатки.

#### **Практическая значимость работы**

Изучение современных гидротермальных систем с целью использования геотермальной энергии – это ярко выраженное научно-практическое направление в современной энергетической повестке во всем мире. Российская Федерация обладает огромными запасами геотермальных ресурсов, по возможности использования которых Камчатский край занимает первое место. Решение вопросов строения гидротермальной системы, определение источников водного и теплового питания, границ тектонических блоков и секущих разломных зон, областей циркуляции термальных вод имеют большую научную и практическую значимость. Современные комплексные геолого-геофизические исследования строения зоны разгрузки парогидротерм являются необходимыми работами для построения верифицированной модели структуры гидротермальной системы и последующей рациональной эксплуатации геотермального месторождения.

#### **Научная специальность, которой соответствует диссертация**

Работа выполнена по специальности 1.6.9 «Геофизика» по геолого-минералогическим наукам и соответствует следующим пунктам паспорта специальности:

1. Изучение строения Земли геофизическими методами по ее физическим свойствам и характеристикам.

11. Природа и свойства физических полей Земли с источниками в земных недрах, их геологическая и геодинамическая интерпретация. Поля во внешних оболочках Земли, если они используются для изучения ее внутренней структуры или взаимодействия ее различных оболочек. Теоретические и экспериментальные исследования потенциальных полей Земли. Теория механических, электромагнитных и тепловых процессов в Земле.

18. Использование геолого-геофизических данных для построения цифровых геологических, гидродинамических, геомеханических, геодинамических и иных моделей геологической среды и месторождений.

#### **Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем**

Результаты исследования полностью изложены в 21 публикации, из них 9 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией («Геология и геофизика», «Вулканология и сейсмология», «Доклады Академии наук», «Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле», «Тихоокеанская геология»), и 12 публикаций в трудах и материалах научных конференций.

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:

1. **Нуждаев И.А.**, Рычагов С.Н., Феофилактов С.О., Букатов Ю.Ю. Геолого-геофизическое моделирование структуры гидротермальной системы южной группы

термальных полей Камбального вулканического хребта (Камчатка) // Геология и геофизика, № 5, 2024. С. 727-741.

2. Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., **Нуждаев И.А.** Структура и изменение термальных полей южной группы Камбального вулканического хребта (Камчатка) по температурным съемкам грунтов // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, Вып. 61, № 1, 2024. С. 57-71.

3. **Нуждаев И.А.**, Рычагов С.Н., Феофилактов С.О., Денисов Д.К. Особенности магнитного поля геотермальных систем Паужетского района (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология, № 2, 2023. С. 33-51.

4. 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, № 1, 2021. С. 40-56.

5. Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., Букатов Ю.Ю., **Нуждаев И.А.**, Денисов Д.К. Строение зоны разгрузки парогидротерм Верхне-Паужетского термального поля // Геология и геофизика, Т. 61, № 9, 2020. С. 1194-1214.

6. Рычагов С.Н., Абкадыров И.Ф., Букатов Ю.Ю., **Нуждаев И.А.**, Феофилактов С.О. Геолого-геофизическая модель крупнейшего на Камчатке Нижне-Кошелевского пародоминирующего геотермального месторождения // Доклады АН, Т. 482, №2, 2018. С. 183-187.

7. 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, № 5, 2017. С. 36-50.

8. Чудаев О.В., Челноков Г.А., Брагин И.В., Харитоновна Н.А., Рычагов С.Н., Нуждаев А.А., **Нуждаев И.А.** Геохимические особенности распределения основных и редкоземельных элементов в Паратунской и Большебанной гидротермальных системах Камчатки // Тихоокеанская геология, Т. 35, № 6, 2016. С. 102-119.

9. **Нуждаев И.А.**, Феофилактов С.О. Современное состояние изученности строения центральной части Нижне-Кошелевского геотермального месторождения и результаты магнитной съемки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, Вып. 22, № 2, 2013. С. 231-241.

#### **Статьи в журналах и сборниках, материалы конференций:**

10. **Нуждаев И.А.**, Феофилактов С.О., Букатов Ю.Ю. Новые данные о строении термоаномалий Паужетско-Камбально-Кошелевского района на основе магнитометрической съемки // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Геотермальная вулканология, гидрогеология, геология нефти и газа», Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2023. С. 29-32.

11. **Нуждаев И.А.**, Букатов Ю.Ю., Феофилактов С.О. Моделирование структуры Южно-Камбального Центрального термального поля по геофизическим данным (Южная Камчатка) // Материалы XII Международной школы по наукам о Земле имени профессора Л.Л. Перчука, Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2022. С. 68.

12. **Нуждаев И.А.**, Феофилактов С.О., Букатов Ю.Ю., Денисов Д.К. Геофизические исследования Южно-Камбального Центрального термального поля (Камбальный вулканический хребет, Камчатка) // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога «Вулканизм и связанные с ним процессы», Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2022. С. 146-149.

13. **Нуждаев И.А.**, Денисов Д.К., Феофилактов С.О. Магнитометрические исследования на термальных полях Камбального вулканического хребта (Южная Камчатка) // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога «Вулканизм и связанные с ним процессы», Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2019. С. 163-166.

14. **Нуждаев И.А.** Уточнение строения геотермальных месторождений Паужетско-Камбально-Кошелевского района на основании магнитометрических исследований // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога «Вулканизм и связанные с ним процессы», Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2017. С. 185-188.

15. **Нуждаев И.А.**, Феофилактов С.О., Денисов Д.К. Магнитометрические исследования на геотермальных месторождениях Южной Камчатки // Материалы девярых научных чтений памяти Ю.П. Булашевича, Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2017. С. 310-314.

16. **Нуждаев И.А.**, Феофилактов С.О. Зимние магнитометрические исследования на Паужетском геотермальном месторождении: методика, краткие результаты // XII Региональная молодежная научная конференция «Исследования в области наук о Земле», Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2014. С. 75-84.

17. **Нуждаев И.А.**, Абкадыров И.Ф., Букатов Ю.Ю., Феофилактов С.О., Денисов Д.К. Нижне-Кошелевское пародоминирующее геотермальное месторождение (Южная Камчатка) как полигон для изучения нефтегазоносных структур областей современного вулканизма // Материалы VII Сибирской научно-практической конференции молодых ученых по наукам о Земле (с участием иностранных специалистов), Новосибирск: НГУ, 2014. С. 345-346.

18. **Нуждаев И.А.**, Феофилактов С.О. Магнитометрические исследования в районе крупнейшего пародоминирующего геотермального месторождения на Камчатке // Материалы III Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского, Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2013. С. 818-822.

19. **Нуждаев И.А.**, Феофилактов С.О. Геолого-геофизическая модель центральной части Нижне-Кошелевского геотермального месторождения на основании магнитометрических исследований // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога «Вулканизм и связанные с ним процессы», Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2012. С. 131-136.

20. **Нуждаев И.А.**, Феофилактов С.О. Магнитометрические исследования в районе Нижне-Кошелевской термоаномалии // Материалы X региональной молодежной конференции «Природная среда Камчатки», Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 119-130.

21. **Nuzhdaev I.A.**, Rychagov S.N., Abkadyrov I.F., Denisov D.K., Feofilaktov S.O. A conceptual model of the structure of the central part of the Nizhne-Koshelevsky geothermal field (South Kamchatka) // World Geothermal Congress 2020+1, Reykjavik, 2021, <https://www.wgc2020.com>.

Диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 раздела II Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, и не содержит заимствованного материала без ссылки на авторов.

Первичная документация проверена и соответствует материалам, включенным в диссертацию.

Диссертационная работа Ивана Алексеевича Нуждаева «Строение зоны разгрузки парогидротерм по магнитометрическим данным (Паужетско-Камбально-Кошелевский

геотермальный район, Южная Камчатка)» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9 – Геофизика.

Заключение принято на заседании Ученого совета Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Присутствовало на заседании 17 чел. (в т.ч. 1 с правом совещательного голоса).

Результаты открытого голосования по вопросу о принятии заключения по диссертации И.А. Нуждаева: «за» – 16 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 6 от 10 октября 2024 г.

Заключение подготовлено:  
и.о. ученого секретаря,  
к.ф.-м.н.



А.А. Долгая