

"УТВЕРЖДАЮ"



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения  
Российской академии наук  
(ИВиС ДВО РАН)**

Диссертация Рычковой Татьяны Васильевны на тему "Гидрогеологический анализ условий формирования и функционирования гейзеров (на примере гидротермальных систем Камчатки)" выполнена в лаборатории тепломассопереноса Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИВиС ДВО РАН).

В период подготовки диссертации с 2005 г. по настоящее время Рычкова Татьяна Васильевна работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук в должности научного сотрудника лаборатории тепломассопереноса.

В 1985 г. Рычкова Татьяна Васильевна окончила Одесский государственный университет им. И.И. Мечникова по специальности "Гидрогеология и инженерная геология".

Справка об обучении № 21/02-15 от 27 мая 2018 года выдана Федеральным государственным бюджетным учреждением "Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского".

Научный руководитель - Кирюхин Алексей Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией тепломассопереноса Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук.

По итогам обсуждения диссертации "Гидрогеологический анализ условий формирования и функционирования гейзеров (на примере гидротермальных систем Камчатки)" принято следующее заключение:

#### **1. Актуальность темы исследования**

Данные наблюдений за гейзерами можно использовать для более глубокого понимания условий формирования высокотемпературных гидротермальных систем, тепловая мощность которых определяет потенциал геотермальной энергии. Одно из крупных гейзерных полей Земли находится в России на полуострове Камчатка в Кроноцком заповеднике. Гидротермальная система Долины Гейзеров – это очень динамичная система с высокой оползневой опасностью. Только за последние двенадцать лет здесь произошло два катастрофических события: обвал – оползень 03.06.2007 г. и сель, сошедший 04.01.2014 г. Ввиду высокой посещаемости Долины Гейзеров туристами, необходимо прогнозировать оползневые процессы и оценивать их последствия. Также необходимо определить причины изменения режима гейзеров и/или прекращение их функционирования, и влияние Подпрудных озер (образовавшихся в результате катастрофических событий 2007 и 2014 гг.) на Гейзерную гидротермальную систему. Влияние озер на гидротермальную систему можно рассматривать в качестве аналогии реинжекции при эксплуатации высокотемпературных геотермальных месторождений. В результате произошедших в Долине Гейзеров геологических катастроф, природа предоставила уникальную возможность наблюдать и изучать широкий спектр современных геологических процессов. Являясь единственным местом в России, где возможны демонстрация гейзерной активности, наглядное объяснение условий формирования высокотемпературных геотермальных месторождений и потенциала их использования, Долина Гейзеров представляет значительный познавательный интерес. Фундаментальные основы механизма функционирования гейзеров рассмотрены в публикациях российских ученых: Б.И. Пийпа, Т.И. Устиновой, С.И. Набоко, В.В. Аверьева, В.И. Белоусова, В.И. Кононова, В.Н. Виноградова, Г.С. Штейнберга, В.А. Дроздина, В.М. Сугрובה, Н.Г. Сугрובовой, Г.А. Карпова, В.Л. Леонова, А.В. Леонова, А.Б. Белоусова, А.В. Кирюхина, и многих других. Исследованиям природных гейзеров мира посвящены также многочисленные научные работы, среди авторов которых следует назвать имена зарубежных ученых S. Hurwitz, M. Manga, S. Ingebritsen, S. Rojstaczer, J. Rinehard, R. Hutchinson, S. Kieffer. В последние годы вопрос о роли газлифта в механизме извержений гейзеров обсуждался в работах S. Hurwitz

(2016), А. Kiryukhin (2016). В результате выявлены характеристики цикличности в работе гейзеров и предложены различные модели циклических извержений природных гейзеров, но ни одна из них не объясняет в полной мере уникальный характер распространения гейзеров. Хотя гейзеры являются исключительно гидрогеологическими объектами, но в учебниках по гидрогеологии не обсуждаются условия их формирования и функционирования, что подтверждает необходимость продолжения их углубленного исследования и популяризации полученных знаний.

## **2. Связь темы диссертации с научно-техническими программами, отраслевыми планами министерств**

Диссертационная работа выполнена в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013 - 2020 годы, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 3 декабря 2012 г. и утвержденными Планами научно-исследовательской работы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук на 2016-2018, 2017-2019 и 2018-2020 годы по теме № 0282-2016-0002 (№ 0282-2018-0017) «Тепломассоперенос и сейсмичность в гидротермальных, магматических и геофлюидных системах, термогидродинамическое-геохимическое-геомеханическое моделирование (TOUGH2, TOUGHREACT, C-FRAC), приложения для оценки геотермальных ресурсов и прогноза землетрясений». Работа соответствует следующим направлениям фундаментальных исследований Программы ФНИ ГАН: 136. Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий; 137. Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества.

## **3. Основные научные результаты, полученные лично соискателем, и их новизна**

1) Выполнено термогидродинамическое-химическое TOUGHREACT моделирование формирования проницаемых каналов разгрузки гидротермальных систем в условиях артезинско-вулканогенных бассейнов риолитового состава; показано, что формирование самоизолирующихся высокопроницаемых каналов разгрузки термальных вод происходит вследствие увеличения пористости и проницаемости в осевой части восходящего потока термальных вод в результате гидротермальных преобразований с растворением исходного вулканического стекла, и уменьшения пористости и проницаемости в периферической

оболочке восходящего потока термальных вод, вызванного гидротермальными преобразованиями с осаждением аморфного кремнезема (гейзерита).

2) Многовариантное TOUGH2 EOS2 моделирование термогидродинамического режима течения газонасыщенного флюида в канале гейзера позволило оценить диапазон массовых концентраций  $\text{CO}_2$ , необходимый для обеспечения кипения по всему каналу гейзера более 0,1 г/л. Для гейзеров Большого и Великана фактическое газосодержание  $\text{CO}_2$  оценивается от 1 до 10 г/л.

3) Установлены закономерности изменения циклических характеристик гейзеров и суммарной разгрузки гидротерм в сезонном гидрологическом цикле Долины Гейзеров; доказано, что режим функционирования гейзеров чувствителен к изменениям локальных гидрогеологических и гидрологических условий: прямая инфильтрация из поверхностных водотоков приводит к гибели гейзеров на дне образовавшихся водоемов, но в то же время к повышению частоты извержений гейзеров с каналами разгрузки в надводных условиях; паводковое повышение давления в поверхностных водотоках и резервуарах грунтовых вод приводит к «запиранию» гидротермальной системы и временному уменьшению ее суммарной разгрузки.

4) Термогидродинамическое TOUGH2-моделирование инфильтрации холодных вод в продуктивный гейзерный резервуар; показано, что гидрогеологический эффект 1-го и 2-го Подпрудных озер (возникших в результате оползня 2007 г. и селя 2014 г.) на Гейзерный резервуар ограничивается повышением давления в нем и соответствующим увеличением частоты извержений гейзеров, в то время как термическое и химическое воздействие ограничено контурами самих озер.

#### **4. Личное участие автора в получении научных результатов**

– В соавторстве с руководителем диссертационной работы составлены схематическая геолого-структурная карта Паужетской вулcano-тектонической депрессии и концептуальная модель условий формирования Паужетского геотермального месторождения (масштаб 1:100000); гидрогеологическая карта Паужетского геотермального месторождения (масштаб 1:10000); гидрогеологическая карта-схема бассейна р. Гейзерной (на основе геологической схемы В.Л. Леонова). Автором лично построены геологические, гидрогеологические разрезы и созданы цифровые карты.

– Личное участие автора в полевых работах в Долине Гейзеров (2007-2008 гг.): рекогносцировочные маршруты, установка гидрологических створов на р. Гейзерной и расчеты расхода реки; отбор проб из термальных источников; обработка и анализ инструментальных данных, полученных в результате гидрогеологического мониторинга.

- Автором проанализирована зависимость ИВЕ гейзера Великан от атмосферного давления, сейсмических событий, метеоусловий и зависимость ИВЕ гейзеров Большой и Великан от уровня воды в Подпрудном озере-1.
- При активном участии автора собрана и протестирована концептуальная 3D модель естественного состояния гидротермальной системы Долины Гейзеров и проанализированы результаты моделирования.
- Автором собраны и протестированы профильные модели фильтрации холодной воды из Подпрудного озера-1 и Подпрудного озера-2 в гидротермальный резервуар Долины Гейзеров и проанализированы результаты моделирования.
- Автором собраны термогидродинамическая-химическая TOUGHREACT-EOS2 модель формирования гейзерного канала и TOUGH2 – EOS2 модель термогидродинамического режима течения газонасыщенного флюида в канале гейзера; проанализированы результаты многовариантного моделирования.

#### **5. Степень обоснованности и достоверности научных выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации**

Для создания моделей использованы цифровые карты района Долины Гейзеров - топографическая (масштаба 1:2000) и геологическая (масштаба 1:10000); фактические данные мониторинга, проведенного в Долине Гейзеров в период с 2007 по 2018 гг.; координаты горячих источников и гейзеров, полученные по GPS-навигатору; лицензионное программное обеспечение TOUGH2 и графическая оболочка PetraSim v. 5.2, лицензионные продукты компании Golden Software (Surfer v. 13, Didger v. 5, Grapher v.9, MapViewer v.7).

Результаты работ автора и в соавторстве с научным руководителем диссертационной работы по теме исследования представлены статьями в рецензируемых журналах, в отчетах ИВиС ДВО РАН, в отчетах РФФИ, на конференциях, в том числе международных: TOUGH Symposium (Berkeley, CA, LBNL, 15-17 May, 2006); International Mineral Extraction from Brines Conference 2006 (Tucson, Arizona, Sept. 6-8, 2006); Geothermal Resources Council (San-Diego, CA Sept. 10-13, 2006); Международный Симпозиум по проблемам эксплозивного вулканизма (П.-Камчатский, ИВиС ДВО РАН, 25-31 марта 2006 г.); XVIII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 19-23 июня 2006 г.); Thirty-Second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University (Stanford, California, January 22-24, 2007); Международный симпозиум «Будущее гидрогеологии: современные тенденции и перспективы» (С.-Петербург, 2007 г.); AGU Conference (San-Francisco, 2008); региональная научная конференция, посвященная Дню вулканолога 30 марта 2009 г. (П.-Камчатский, 2009, 2013, 2017, 2018 гг.); IV Всероссийский симпозиум по вулканологии и

палеовулканологии «Вулканизм и геодинамика» (П.-Камчатский, 2009 г.); XIX Собрание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока (Тюмень, 2009 г.); World Geothermal Congress (Bali, Indonesia, 2010); 13-th Int. Conf. Water-Rock Interaction, Guanajuato (Mexico, 2010); Третья научно-техническая конференция Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России 9 - 15 октября 2011 г. (П.-Камчатский, КФГС РАН, 2011); научная конференция 27-28 октября 2011 г. (Санкт-Петербургский гос. университет); конференция "Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России" (П.-Камчатский, КФ ГС РАН, 2013 г.); World Geothermal Congress (Melbourne, Australia, 2015); региональная научная конференция, посвященная Дню вулканолога (П.-Камчатский, 2017 г.); II МНМК «Современное состояние, тенденции и перспективы развития гидрогеологии и инженерной геологии» (Санкт-Петербург, 2017); VI конференция «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России» (П.-Камчатский, КФ ГС РАН, 2017 г.), II Международное научное совещание по проблемам геотермальной вулканологии (Geothermal Volcanology Workshop 2018) (П.-Камчатский, ИВиС ДВО РАН, 2018 г.).

**6. Результаты исследований автора опубликованы в 27 публикациях, из них 4 статьи в журналах из перечня ВАК (Вулканология и сейсмология; Геоэкология. Инженерная Геология. Гидрогеология. Геокриология; Applied Geochemistry Journal).**

Kiryukhin A.V., Asaulova N.P., Finsterle S., **Rychkova T.V.**, Obora N.V. Modeling the Pauzhetsky geothermal field, Kamchatka, Russia, Using iTOUGH2. Proc. TOUGH Symposium, Berkeley, CA, LBNL, 15-17 May, 2006, 8 p.

*(Соискателем выполнена компьютерная графика, создана цифровая версия литологических колонок скважин Паужетского месторождения).*

Kiryukhin A.V., **Rychkova T.V.**, Modeling the Pauzhetsky geothermal field, Kamchatka, Russia \ International Mineral Extraction from Brines Conference 2006, Tucson, Arizona Sept. 6-8, 2006, 2 p.

*(Соискателем выполнена компьютерная графика, создана цифровая версия литологических колонок скважин Паужетского месторождения).*

Kiryukhin A.V., Asaulova N.P., **Rychkova T.V.**, and Obora N.V. Modeling the Pauzhetsky geothermal field, Kamchatka, Russia \ Geothermal Resources Council Transactions Volume 30, San-Diego, CA, Sept. 10-13, 2006, p.819-825.

*(Соискателем выполнена компьютерная графика, создана цифровая версия литологических колонок скважин Паужетского месторождения, выполнены рисунки для текста).*

Кирюхин А.В., Асаулова Н.П., **Рычкова Т.В.**, Обора Н.В., Ворожейкина Л.А., Манухин Ю.Ф. Численное моделирование 40-летней эксплуатации Паужетского геотермального месторождения в связи с оценкой эксплуатационных запасов. Тезисы докл. Международного симпозиума «Будущее гидрогеологии: современные тенденции и перспективы», С-Петербург, 2007, с. 66-69.

*(В соавторстве с первыми авторами соискателем составлены схематическая геолого-структурная карта Паужетской вулкано-тектонической депрессии и концептуальная модель условий формирования Паужетского геотермального месторождения; гидрогеологическая карта Паужетского геотермального месторождения; выполнена компьютерная графика, созданы рисунки к тексту, создана цифровая версия литологических колонок скважин Паужетского месторождения).*

Kiryukhin A.V., Asaulova N.P., **Rychkova T.V.**, Obora N.V., Manukhin Y.F., Vorozheikina L.A. Modeling and forecast of the exploitation the Pauzhetsky geothermal field, Kamchatka, Russia. Proceedings, Thirty-Second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 22-24, 2007 SGP-TR-183, 8 p.

*(В соавторстве с первыми авторами соискателем составлены схематическая геолого-структурная карта Паужетской вулкано-тектонической депрессии и концептуальная модель условий формирования Паужетского геотермального месторождения; гидрогеологическая карта Паужетского геотермального месторождения; выполнена компьютерная графика, созданы рисунки к тексту, создана цифровая версия литологических колонок скважин Паужетского месторождения).*

А.В.Кирюхин, Н.П. Асаулова, Ю.Ф. Манухин, **Т.В. Рычкова**, В.М. Сугробов. Расширение ресурсного потенциала геотермальных месторождений на основе новых технологий извлечения геотермальной энергии (на примере Паужетского геотермального месторождения) в монографии ИПКОН РАН «Комплексное освоение недр: расширение минерально-сырьевой базы России», ред. К.Н. Трубецкой, В.А. Чантурия, Д.Р. Каплунов, 2008, стр. 121-131.

*(В соавторстве с первыми авторами соискателем составлены схематическая геолого-структурная карта Паужетской вулкано-тектонической депрессии и концептуальная модель условий формирования Паужетского геотермального месторождения; гидрогеологическая карта Паужетского геотермального месторождения; выполнена компьютерная графика, созданы рисунки к тексту, создана цифровая версия литологических колонок скважин Паужетского месторождения).*

Kiryukhin A. V., **Rychkova T.V.**, Chernykh E.V., Vergasova L.P. \ Geysers Valley, Kamchatka: Why Landslide of 3-June-2007 Took Place and What Happens After \ AGU Conference, San-Francisco, 2008.

*(В соавторстве с основным автором соискателем составлена гидрогеологическая карта-схема бассейна р. Гейзерной. Соискателем лично построены геологические, гидрогеологические разрезы и созданы цифровые карты).*

Кирюхин А.В., **Рычкова Т.В.**, Дрознин В.А., Черных Е.В. Анализ гидрогеологических условий в гидротермальной системе Долины Гейзеров (Камчатка) после катастрофического обвала-оползня 3 июня 2007 г // IV Всероссийский симпозиум по вулканологии и палеовулканологии «Вулканизм и геодинамика» 22 - 27 сентября 2009 г., г. Петропавловск-Камчатский. Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, с. 599-604.

*(Соискателем осуществлялось измерение расхода р. Гейзерной, отбор проб воды на изотопный, химический анализ воды, отбор газа, анализ результатов, расчет глубинной составляющей термальной разгрузки Гейзерной гидротермальной системы).*

Кирюхин А.В., **Рычкова Т.В.**, Дрознин В.А., Черных Е.В. Исследование характеристик гидротермальной системы Долины Гейзеров (Камчатка) после катастрофического обвала-оползня 3 июня 2007 г. \ Сборник докладов ИВиС ДВО РАН на конференции, посвященной Дню Вулканолога 30 марта 2009 г., 8 стр.

*(Соискателем осуществлялось измерение расхода р. Гейзерной, отбор проб воды на изотопный, химический анализ воды, маршрутные исследования в долине р. Гейзерной с целью изучения гейзерной активности в условиях Подпрудного озера-1).*

Кирюхин А.В., **Рычкова Т.В.**, Дрознин В.А., Черных Е.В. Исследования теплопереноса в гидротермальной системе Долины Гейзеров (Камчатка) после катастрофического обвала-оползня 3 июня 2007 г \ Материалы Всероссийского XIX Собрания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока, Тюмень 2009, с.51-56.

*(Соискателем осуществлялось измерение расхода р. Гейзерной, отбор проб воды на изотопный, химический анализ воды, маршрутные исследования в долине р. Гейзерной с целью изучения гейзерной активности в условиях Подпрудного озера-1, анализ связи расхода реки Гейзерной с уровнем Подпрудного озера-1).*

Kiryukhin A.V., **Rychkova T.V.**, Droznin V.A., Chernykh E.V., Puzankov M.Y., Vergasova L.P. Geysers Valley Hydrothermal System (Kamchatka): Recent Changes Related to Landslide of June 3, 2007 \ Proceedings World Geothermal Congress 2010 Bali, Indonesia, 25-29 April 2010, 6 p.



*(Соискателем осуществлялось измерение расхода р. Гейзерной, отбор проб воды на изотопный, химический анализ воды, пешие маршруты в долине р. Гейзерной с целью изучения гейзерной активности в условиях Подпрудного озера-1, построение графиков )*

Кiryukhin A.B., Асаулова Н.П., Манухин Ю.Ф., **Рычкова Т.В.**, Сугробов В.М. Использование численного моделирования для оценки эксплуатационных запасов месторождений парогидротерм (на примере Паужетского геотермального месторождения) // Вулканология и сейсмология. 2010. № 1. С. 56-76.

*(В соавторстве с первыми авторами соискателем составлены схематическая геолого-структурная карта Паужетской вулcano-тектонической депрессии и концептуальная модель условий формирования Паужетского геотермального месторождения; гидрогеологическая карта Паужетского геотермального месторождения; выполнена компьютерная графика, созданы рисунки к тексту, создана цифровая версия литологических колонок скважин Паужетского месторождения, частичное написание текста в части описания очагов разгрузки в естественных условиях гидротермальной системы ).*

Kiryukhin A.V., **Rychkova T.V.** Hydrothermal system in Geysers Valley (Kamchatka) and triggers of the Giant landslide // Proc. 13-th Int. Conf. Water-Rock Interaction, Guanajuato, Mexico, 16-20 Aug. 2010, p.917-920. ISBN:978-0-415-60426-0 (Hbk+CD-rom) ISBN: 978-0-203-83404-6 (eBook).

*(Соискателем осуществлялось измерение расхода р. Гейзерной, отбор проб воды на изотопный, химический анализ воды, маршрутные исследования в долине р. Гейзерной с целью изучения гейзерной активности в условиях Подпрудного озера-1, построение графиков )*

Кiryukhin A.B., **Рычкова Т.В.** Условия формирования и состояние гидротермальной системы Долины Гейзеров (Кроноцкий заповедник, Камчатка) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2011. № 3. С. 238-253.

*(Соискателем осуществлялось построение геолого-гидрогеологической карты-схемы гидротермальной системы Долины Гейзеров, построение разрезов, выполнение рисунков к тексту, частичное написание текста, рекогносцировочные маршруты, установка гидрологических створов на р. Гейзерной и расчеты расхода реки; отбор проб из термальных источников; обработка и анализ инструментальных данных, полученных в результате гидрогеологического мониторинга.*

Kiryukhin, A.V., **Rychkova, T. V.** Environment and conditions of the hydrothermal system of the Valley of Geysers (Kronotsky Nature reserve, Kamchatka), Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology. 2011. № 3, p. 238–253.

*(Соискателем осуществлялось построение геолого-гидрогеологической карты-схемы гидротермальной системы Долины Гейзеров, построение разрезов, выполнение рисунков к тексту, рекогносцировочные маршруты, установка гидрологических створов на р. Гейзерной и расчеты расхода реки; отбор проб из термальных источников на изотопный и, химический анализ воды; обработка и анализ инструментальных данных, полученных в результате гидрогеологического мониторинга, анализ результатов моделирования естественного состояния гидротермальной системы Долины Гейзеров, частичное написание текста).*

Kiryukhin A.V., **Rychkova T.V.**, Dubrovskaya I.K. Hydrothermal system in Geysers Valley (Kamchatka) and triggers of the Giant landslide // Applied Geochemistry Journal. 2012. № 27. P. 1753-1766.

*(Соискателем осуществлялось построение геолого-гидрогеологической карты-схемы гидротермальной системы Долины Гейзеров, построение разрезов, выполнение рисунков к тексту, рекогносцировочные маршруты, установка гидрологических створов на р. Гейзерной и расчеты расхода реки; отбор проб из термальных источников на изотопный и, химический анализ воды; обработка и анализ инструментальных данных, полученных в результате гидрогеологического мониторинга; активное участие в сборке и тестировании концептуальной 3D модели естественного состояния гидротермальной системы Долины Гейзеров и анализе результатов моделирования; частичное написание текста).*

Kiryukhin A. V. and **Rychkova T. V.** Functioning of Natural and Natural–Engineering Systems Formation Conditions and Natural State of the Hydrothermal System in the Valley of Geysers (Kronotsky Nature Reserve, Kamchatka) // ISSN 0097\_8078, Water Resources, 2012, Vol. 39, No. 7, pp. 719–733.

*(Соискателем осуществлялось построение геолого-гидрогеологической карты-схемы гидротермальной системы Долины Гейзеров, построение разрезов, выполнение рисунков к тексту, рекогносцировочные маршруты, установка гидрологических створов на р. Гейзерной и расчеты расхода реки; отбор проб из термальных источников на изотопный и, химический анализ воды; обработка и анализ инструментальных данных, полученных в результате гидрогеологического мониторинга, анализ результатов моделирования естественного состояния гидротермальной системы Долины Гейзеров, частичное написание текста).*

Кирюхин А.В., **Рычкова Т.В.** Исследования гидрогеологического режима гидротермальной системы Долины Гейзеров (Кроноцкий заповедник, Камчатка) после катастрофы 3.06.2007 // Сб. IV научно-технической конференции "Проблемы комплексного

геофизического мониторинга Дальнего Востока России" 30 сентября - 4 октября 2013 г., Петропавловск-Камчатский, стр. 53-54.

*(Соискателем осуществлялось построение геолого-гидрогеологической карты-схемы гидротермальной системы Долины Гейзеров, построение разрезов, выполнение рисунков к тексту, рекогносцировочные маршруты, установка гидрологических створов на р. Гейзерной и расчеты расхода реки; отбор проб из термальных источников на изотопный и химический анализ воды; обработка и анализ инструментальных данных, полученных в результате гидрогеологического мониторинга, анализ результатов моделирования естественного состояния гидротермальной системы Долины Гейзеров, частичное написание текста).*

Кирюхин А.В., **Рычкова Т.В.**, Дубинина Е.О. Анализ гидрогеологического режима гидротермальной системы Долины гейзеров (Кроноцкий заповедник, Камчатка) после катастрофы 3.06.2007 // Вулканология и сейсмология. 2015. № 1, С. 30-20.

*(Соискателем осуществлялось построение геолого-гидрогеологической карты-схемы гидротермальной системы Долины Гейзеров, построение разрезов, выполнение рисунков к тексту, рекогносцировочные маршруты, установка гидрологических створов на р. Гейзерной и расчеты расхода реки; отбор проб из термальных источников на изотопный и химический анализ воды; обработка и анализ инструментальных данных, полученных в результате гидрогеологического мониторинга; анализ результатов моделирования естественного состояния гидротермальной системы Долины Гейзеров; анализ связи интервала между извержениями гейзера Великан с метеоусловиями, уровнем Подпрудного озера-1 и сейсмическими событиями; анализ связи интервала между извержениями гейзера Большого с уровнем Подпрудного озера-1; частичное написание текста).*

Kiryukhin, A.V., **Rychkova, T. V.**, Dubinina, E. O. Analysis of hydrothermal regime of the Valley of Geysers (Kronotsky Nature Reserve, Kamchatka) After the disaster of 3.06.2007. Volcanology and Seismology. 2015. № 1, p. 3-20.

*(Соискателем осуществлялось построение геолого-гидрогеологической карты-схемы гидротермальной системы Долины Гейзеров, построение разрезов, выполнение рисунков к тексту, рекогносцировочные маршруты, установка гидрологических створов на р. Гейзерной и расчеты расхода реки; отбор проб из термальных источников на изотопный и химический анализ воды; обработка и анализ инструментальных данных, полученных в результате гидрогеологического мониторинга; анализ результатов моделирования естественного состояния гидротермальной системы Долины Гейзеров; анализ связи интервала между извержениями гейзера Великан с метеоусловиями, уровнем*

*Подпрудного озера-1 и сейсмическими событиями; анализ связи интервала между извержениями гейзера Большого с уровнем Подпрудного озера-1; частичное написание текста).*

Kiryukhin A., **Rychkova T.**, Voronin P., Polyakov A. Hydrogeological regime of the geysers (Kronotsky nature reserve, Kamchatka) after landslide 3.06.2007. Proceedings World Geothermal Congress 2015. Melbourne, Australia, 19-25 April 2015. 11 p.

*(Соискателем осуществлялось построение геолого-гидрогеологической карты-схемы гидротермальной системы Долины Гейзеров, построение разрезов, выполнение рисунков к тексту, рекогносцировочные маршруты, установка гидрологических створов на р. Гейзерной и расчеты расхода реки; отбор проб из термальных источников на изотопный и химический анализ воды; обработка и анализ инструментальных данных, полученных в результате гидрогеологического мониторинга; анализ результатов моделирования естественного состояния гидротермальной системы Долины Гейзеров; анализ связи интервала между извержениями гейзера Великан с метеоусловиями, уровнем Подпрудного озера-1 и сейсмическими событиями; анализ связи интервала между извержениями гейзера Большого с уровнем Подпрудного озера-1; частичное написание текста).*

**Рычкова Т.В.** Моделирование влияния инъекции холодной воды на гидротермальный резервуар на примере гидротермальной системы Долины Гейзеров // XX ежегодная научная конференция, посвященная Дню Вулканолога "Вулканизм и связанные с ним процессы", 30-31 марта 2017 г. Петропавловск-Камчатский. ИВиС ДВО РАН. 2017. С. 200-203.

*(Соискателем собрана и протестирована профильная TOUGH2 модель инфильтрации холодной воды из Подпрудного озера-1 в гидротермальный резервуар Долины Гейзеров; проанализированы результаты моделирования; написан текст).*

**Рычкова Т.В.,** Сугробов В.М., Кирюхин А.В., Батаева О.Б. Изменения гидрогеохимического режима гейзеров в результате эволюционных и катастрофических процессов // Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. - Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. - 2017. - выпуск 5. - С. 117 – 125.

*(Соискателем выполнен анализ данных В.М. Сугробова и А.В. Кирюхина по гидрогеохимии за многолетний период наблюдений в Долине Гейзеров, написан текст статьи. Соавторами осуществлялось научное руководство и редакция статьи)*

**Рычкова Т.В.** TOUGH2-EOS1+tracer моделирование инъекции холодной воды в гидротермальный резервуар на примере гидротермальной системы долины гейзеров // Сборник научных трудов II Международной научно-методической конференции 23-24 мая

2017 г. Современное состояние, тенденции и перспективы развития гидрогеологии и инженерной геологии. Санкт-Петербургский горный университет. 2017. С. 168-172.

*(Соискателем собрана и протестирована профильная TOUGH2 модель фильтрации холодной воды из Подпрудного озера-1 в гидротермальный резервуар Долины Гейзеров; выполнено моделирование и проанализированы результаты; написан текст).*

**Рычкова Т.В.** TOUGH2- EOS1 моделирование и статистика для анализа изменения гидрогеохимического режима гейзеров Великан и Большой (Долина Гейзеров, Камчатка) // Труды Шестой научно-технической конференции 1 – 7 октября 2017 г. "Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России". Петропавловск-Камчатский. 2017. С. 319-324.

*(Соискателем выполнен анализ данных В.М. Сугрובה и А.В. Кирюхина по гидрогеохимии за многолетний период наблюдений в Долине Гейзеров, написан текст статьи.)*

**Рычкова Т.В.** Моделирование и исследование гейзеров// Материалы II Международного научного совещания по проблемам геотермальной вулканологии, 5-8 сентября 2018 г. – Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2018. С 83-88.

*(Соискателем выполнено TOUGH2 моделирование влияния Подпрудных озер (Первого и Второго) на гейзерную активность и изменение условий функционирования основного продуктивного резервуара Долины Гейзеров, написание текста).*

**Рычкова Т.В.,** Кирюхин А.В. Моделирование некоторых частных условий формирования и функционирования гейзеров // Материалы XXII Всероссийской научной конференции, посвященной Дню вулканолога, 28-29 марта 2019 г. "Вулканизм и связанные с ним процессы". Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2019. С. 221-224.

*(Соискателем выполнено TOUGHREACT моделирование условий формирования проницаемых каналов для разгрузки гидротермальных систем (в том числе самоизолирующихся каналов гейзеров) в неизменных риолитовых и дацитовых туфах, слагающих артезианско-вулканогенные бассейны, написание текста).*

## **7. Конкретные рекомендации по использованию диссертационной работы**

– Результаты моделирования влияния новообразованных Подпрудных озер в Долине Гейзеров на термодинамические и гидрогеохимические параметры гидротермальных резервуаров могут быть использованы при прогнозе эксплуатации высокотемпературных геотермальных месторождений в режиме реинжекции.

– Данные по гидрогеологическому мониторингу могут быть применимы для среднесрочного (3-4 мес.) прогноза оползневых процессов в Долине Гейзеров при условии осуществления гидрогеологических маршрутных наблюдений в бассейне р. Гейзерной.

– Инжиниринг гейзеров в зонах туризма при соблюдении условий природоохранного законодательства.

#### **8. О языке и стиле диссертации. О соответствии автореферата содержанию диссертации**

Диссертационная работа написана технически грамотно, язык диссертации научный. Автореферат в полной мере отвечает содержанию диссертации.

Сформулированные в диссертационной работе научные положения и выводы обоснованы, имеют высокий уровень достоверности. Тема и содержание диссертации соответствуют научной специальности 25.00.07 - "Гидрогеология", на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по следующим пунктам областей исследований: п.1. "Условия образования различных типов подземных вод - пресных, минеральных (лечебных), промышленных (йодо-бромных и др.), термальных (теплоэнергетических)"; п.2. "Закономерности ресурсов и режима подземных вод различного назначения"; п.3. "Условия и процессы формирования вещественного состава подземных вод (химического, газового, изотопного, бактериального)"; п.4. "Изменение гидрогеологических условий в результате инженерной, сельскохозяйственной и коммунальной деятельности человека"; п.8. "Особенности условий формирования термальных вод".

В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылки на автора и (или) источник заимствования; результаты научных работ, выполненных Рычковой Т.В. в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Диссертационная работа Рычковой Татьяны Васильевны на тему "Гидрогеологический анализ условий формирования и функционирования гейзеров (на примере гидротермальных систем Камчатки)" рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 - "Гидрогеология".

Заключение принято на заседании лаборатории тепломассопереноса ИВиС ДВО РАН. Выступили с положительной оценкой диссертации: главный научный сотрудник, заведующий лабораторией тепломассопереноса д.г.-м.н. Кирюхин А.В.; старший научный сотрудник лаборатории тепломассопереноса к.ф.-м.н. Соломатин А.В.; старший научный сотрудник лаборатории тепломассопереноса к.г.-м.н. Делемень И.Ф.

Присутствовало на заседании 10 сотрудников лаборатории тепломассопереноса ИВиС ДВО РАН.

Результаты голосования: "за" - 10 чел., "против" - нет, "воздержались" – нет, протокол № 3 от 29 апреля 2019 года.

Председатель заседания -

ст.н.с. лаборатории

тепломассопереноса к.г.- м.н.



Делемень Иван Федорович

Заключение принято на заседании Ученого совета ИВиС ДВО РАН. Присутствовали на заседании 12 членов Ученого совета (из 23). Также присутствовали другие сотрудники ИВиС ДВО РАН и Камчатского филиала ГС РАН, всего 40 человек. Выступили с положительной оценкой диссертации: главный научный сотрудник лаборатории геофизических исследований КФ ФИЦ ЕГС РАН д.г.-м.н. Копылова Г.Н. (рецензент); и.о. директора ИВиС ДВО РАН к.г.-м.н. Калачева Е.Г.; старший научный сотрудник лаборатории тепломассопереноса ИВиС ДВО РАН к.г.-м.н. Делемень И.Ф.; ведущий научный сотрудник лаборатории активного вулканизма и динамики извержений ИВиС ДВО РАН к.т.н. Дрознин В.А. (рецензент); заведующий лаборатории вулканогенного рудообразования к.г.-м.н. Округин В.М.

**Результаты голосования членов Ученого совета:** «за» – 12 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол № 8 от 7 мая 2019 года.

Зам. председателя Ученого совета

к.г.-м.н.



Калачева Елена Геннадьевна

Секретарь Ученого совета

к.б.н.



Самкова Татьяна Юрьевна