

**Заклучение РАН по отчету о проведенном научном исследовании, о полученных научных и (или) научно-технических результатах**

Заклучение федерального государственного бюджетного учреждения «Российская академия наук» по отчетам научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования за счет средств федерального бюджета, о проведенных научных исследованиях, о полученных научных и (или) научно-технических результатах за отчетный финансовый год

**Наименование организации, осуществляющей научные исследования за счет средств федерального бюджета - заявителя тематики научных исследований (далее - научная тема)**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**Наименование учредителя либо государственного органа или организации, осуществляющих функции и полномочия учредителя**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Наименование научной темы**

Экспериментальные исследования и моделирование теплофизических и тепломассообменных процессов в геотермальных системах и энергоустановках на основе различных возобновляемых источников энергии

**Код (шифр) научной темы, присвоенной учредителем (организацией)**

FFUE-2021-0003

**Срок реализации научной темы**

Год начала (для продолжающихся научных тем)	Год окончания
2021	2023

**Наименование этапа научной темы (для прикладных научных исследований)**

Нет данных

**Срок реализации этапа научной темы (дата начала и окончания этапа в формате ДД.ММ.ГГ. согласно техническому заданию)**

Дата начала	Дата окончания
01.01.2021	31.12.2021

**Вид научной (научно-технической) деятельности**

Фундаментальное исследование

**Коды тематических рубрик Государственного рубрикатора научно-технической информации (далее - ГРНТИ)<sup>4</sup>**

29.17.35 : Методика и техника экспериментальных исследований газов и жидкостей

**Коды международной классификации отраслей науки и технологий, разработанной Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (FOS, 2007)**

В случае если для тем, для которых указаны коды классификаторов ГРНТИ/ОЭСР разных тематических рубрик первого уровня, определяется ведущее направление наук (указывается первым) и дается обонование междисциплинарного подхода

1.3.5 : Физика жидкости, газа и плазмы (включая физику поверхностей)

В случае соответствия тем одному коду классификаторов ГРНТИ/ОЭСР, описание не приводится

Нет данных

**Оценка научной составляющей полученных научных и научно-технических результатов, выполненных за отчетный финансовый год и (или) этапа работ согласно техническому заданию**

1. Оценка актуальности проводимых научных исследований, научный потенциал и значимость полученных научных и научно-технических результатов

Актуальность темы связана с тем, что геотермальная энергетика является одним из самых перспективных направлений возобновляемой энергетике, особенно с точки зрения экологии, но пока не получила широкого распространения, в частности, из-за недостатка опытных данных и приемлемых технологий. Возникает необходимость в достоверных данных о теплофизических свойствах рабочих агентов и материалов окружающей среды. С другой стороны, параллельно с извлечением энергии имеется возможность сопутствующей добычи разных полезных ископаемых, в том числе нефти. Поскольку истощаемость запасов нефти требует дополнительных мер типа закачки пара в проницаемые среды с высокой температурой, то крайне актуальными становятся задачи движения многофазных потоков в пористой среде, да еще с фазовыми переходами. Этим задачам посвящен проект и непосредственно 2 этап работ.

2. Научная новизна полученных научных и научно-технических результатов.

Исследования в отчетном периоде проводились по следующим двум направлениям: «Исследование теплофизических свойств рабочих веществ, используемых в возобновляемых энергосистемах при высоких температурах и давлениях» и «Исследования по тепломассопереносу и их приложения в геотермии». Среди наиболее важных новых результатов: проведено обобщение классической математической модели фильтрации жидкости и газа в трещиновато-пористой среде с низкопроницаемыми включениями (закон фильтрации отличается от закона Дарси тем, что проницаемость пропорциональна градиенту давления в некоторой степени); изучены условия возникновения тепловой конвекции смеси жидкостей с ограниченной взаимной растворимостью в пористой среде; выведены аналитические формулы для аппроксимации свойств сухого перегретого пара в интервале температур от 100оС до 374оС; выполнены экспериментальные исследования фазовых превращений и критических свойств растворов (рабочих веществ), состоящих из низкокипящих и высококипящих жидкостей, с целью получения оптимальных данных по термодинамическим свойствам для расчета циклов энергоустановок. Показано, что экспериментальные ( $\rho$ , плотность,  $T, x$ )-зависимости описываются трёхпараметрическим полиномиальным уравнением состояния; дана оценка радиусов теплового возмущения геотермальной скважины; разработан пакет программ для обработки получаемых данных с установки комплексного исследования теплофизических свойств жидкостей позволяющий упростить процесс получения данных в реальном времени и облегчить расчеты по изохорной теплоемкости.

3. Оценка качества результатов (нужное отмечается любым знаком в соответствующем квадрате)

результаты имеют высокую значимость и находятся на мировом уровне	V
результаты значимы для развития данной области науки (решения конкретных прикладных задач) в России	
результаты не являются значимыми и не имеют серьезной перспективы развития	

Комментарий:

Экспериментальные исследования выполнялись на уникальных экспериментальных установках, разработанных в лаборатории ведущими специалистами на основе передовых методов, которые получили мировое признание. Об этом свидетельствуют ряд публикаций в ведущих российских и международных журналах с высоким импактфактором, соответственно 14 и 13 статей. Другое подтверждение - сотрудничество с ведущими зарубежными научными коллективами из Австралии, Германии и Китая.



## 4. Оценка кадрового потенциала

Состав исполнителей очень квалифицированный – 4 доктора и 7 кандидатов наук, есть у коллектива большой опыт и авторитет в подобных исследованиях. Опубликованы по результатам выполнения 2 этапа проекта 27 статей в рейтинговых журналах, включая 13 международных. Нет сомнений в успешном выполнении поставленных задач.

5. Потенциал практического применения ожидаемых научных и научно-технических результатов, в том числе с учетом приоритетов Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642.

Проект соответствует приоритетному направлению: «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии». Полученные результаты имеют явную практическую направленность и могут быть применимы для: исследования процесса деградации низкопроницаемых включений, насыщенных газом или нефтью; проектирования и эксплуатации разнообразных промышленных систем и оборудования; развития методов вытеснения вязкой пластовой нефти паром; оценки масштабов теплового воздействия на пласты с точки зрения экологии.

6. Уровень научного и научно-технического сотрудничества, в том числе международного в рамках выполнения научных исследований (участие в международных и российских исследовательских программах, проектах, научных коллаборациях и консорциумах физических лиц и организаций, а также иные формы сотрудничества) (заполняется при наличии)

Имеется ряд международных соглашений: Соглашение о сотрудничестве между Deep Earth Energy Laboratory, Monash University and Geothermal and Renewal Energy Institute of the High Temperature Joint Institute of the Russian Academy of Sciences for research on hydro-thermo-mechanical aspects of Enhanced Geothermal Energy. Соглашение о сотрудничестве между Geothermal and Renewal Energy Institute of the High Temperature Joint Institute of the Russian Academy of Sciences и Hochschule Bochum - University of Applied Sciences по экспериментальному исследованию и моделированию тепловых свойств сухих и флюидонасыщенных горных пород при высоких температурах и давлениях. Соглашение о сотрудничестве между Geothermal and Renewal Energy Institute of the High Temperature Joint Institute of the Russian Academy of Sciences и Xi'an Jiaotong University, School of Energy and Power Engineering, Energy Sub-Alliance of the Silk Road, Department of Thermo-Fluid Science and Engineering, School of Energy and Power Engineering, China.

**Вывод о целесообразности (нецелесообразности) финансирования научной темы**

Финансирование целесообразно за счет средств федерального бюджета	V
Финансирование нецелесообразно за счет средств федерального бюджета	

## Комментарий:

Отчет содержит 95 страниц с подробным изложением результатов. Предлагаемая тема является актуальной, поскольку геотермальная энергетика является одним из самых перспективных направлений возобновляемой энергетике, а параллельно имеется еще возможность сопутствующей добычи разных полезных ископаемых, в том числе нефти. Исследования в отчетном периоде проводились по следующим двум направлениям: «Исследование теплофизических свойств рабочих веществ, используемых в возобновляемых энерговырабатывающих системах при высоких температурах и давлениях» и «Исследования по тепломассопереносу и их приложения в геотермии». Среди наиболее важных новых результатов: проведено обобщение классической математической модели фильтрации жидкости и газа в трещиновато-пористой среде с низкопроницаемыми включениями (закон фильтрации отличается от закона Дарси тем, что проницаемость пропорциональна градиенту давления в некоторой степени); изучены условия возникновения тепловой конвекции смеси жидкостей с ограниченной взаимной растворимостью в пористой среде; выведены аналитические формулы для аппроксимации свойств сухого перегретого пара; выполнены экспериментальные исследования фазовых превращений и критических свойств рабочих веществ, состоящих из смеси низкокипящих и высококипящих жидкостей, с целью получения оптимальных данных по термодинамическим свойствам для расчета циклов энергоустановок. Проект соответствует приоритетному направлению: «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии». Полученные результаты имеют явную практическую направленность и могут быть применимы для: исследования процесса деградации низкопроницаемых включений, насыщенных газом или нефтью; проектирования и эксплуатации разнообразных технологических систем и оборудования; развития методов вытеснения вязкой пластовой нефти паром; оценки масштабов теплового воздействия с точки зрения экологии. Коллектив исполнителей очень квалифицированный. Из всего сказанного выше следует, что есть все основания считать целесообразным финансирование данной темы за счет средств федерального бюджета в связи с ее высокой научной и практической значимостью.



Настоящим подтверждаю, что при проведении оценки проекта научной темы (проекта плана научных работ) исключен конфликт интересов и сохранена конфиденциальность рассматриваемых материалов.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

**СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП**

Сертификат: 01D7F0BA388F7CF0000000CF00060002

Подписант: Бондур Валерий Григорьевич

Подписан: 1 апреля 2022 г. 16:59

Действителен: с 2021-12-14 по 2022-12-14

Должность: Вице-президент