

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
24.2.347.04 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26 июня 2024 г. протокол № 2

О присуждении Алхасовой Джамиле Алибековне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Энергоэффективные технологии освоения геотермальных ресурсов пластового типа» в виде рукописи по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы, принята к защите 25 марта 2024 г., протокол № 4, диссертационным советом 24.2.347.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №1343/нк от 24.10.2022 г.

Соискатель Алхасова Джамиля Алибековна, «16» декабря 1983 года рождения, в 2005 г. окончила Дагестанский государственный технический университет, присуждена квалификация инженер по специальности Управление и информатика в технических системах.

В 2009 году Алхасова Д.А. защитила диссертацию на тему «Исследование и гидродинамические расчеты внутрискважинных теплообменников с продольными ребрами» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника в диссертационном совете ДМ 002.071.01,

созданном на базе Института проблем геотермии Дагестанского научного центра Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель Алхасова Джамиля Алибековна и по настоящее время работает в Институте проблем геотермии и возобновляемой энергетики – филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ИПГВЭ ОИВТ РАН), с 2009 по 2014 гг. в должности старшего научного сотрудника в лаборатории энергетики, с 2014 по 2023 гг. в должности заведующего лабораторией комплексного освоения возобновляемых энергоресурсов, с июля 2023 года по настоящее время – директор ИПГВЭ ОИВТ РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории комплексного освоения возобновляемых энергоресурсов ИПГВЭ ОИВТ РАН.

Научный консультант – Рамазанов Мукамай Магомедович, доктор физико-математических наук (специальность 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых), заведующий лабораторией геотермомеханики Института проблем геотермии и возобновляемой энергетики – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Томаров Григорий Валентинович, доктор технических наук, профессор, общество с ограниченной ответственностью «Геотерм-М», генеральный директор, г. Москва;

Шулюпин Александр Николаевич, доктор технических наук, доцент, Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, директор, г. Хабаровск;

Бутузов Виталий Анатольевич, доктор технических наук, доцент, общество с ограниченной ответственностью «Энерготехнологии-Сервис», генеральный директор, г. Краснодар;

дали положительный отзыв на диссертацию.

Ведущая организация: Закрытое акционерное общество Научно-производственное внедренческое предприятие «Турбокон» (ЗАО НПВП «Турбокон») в своем положительном заключении, подписанном директором по науке, лауреатом государственной премии и премии Правительства РФ, заслуженным деятелем науки и техники РФ, профессором, д.т.н. О.О. Мильманом и начальником конструкторского бюро термодинамических и газодинамических расчетов, к.т.н. Б.А. Шифриным, утвержденном генеральным директором ЗАО НПВП «Турбокон» В.Б. Перовым, указала, что диссертационная работа Алхасовой Джамили Алибековны соответствует паспорту научной специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы, имеет внутреннее единство и является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых внесет значительный вклад в развитие геотермальной энергетики России. Диссертация полностью соответствует требованиям, установленным пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (ред. 25.01.2024), а ее автор, Алхасова Джамиля Алибековна достойна присуждения ученой степени доктора технических наук.

Соискатель имеет 88 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 16 статей в научных журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук (перечень ВАК), из которых 12 опубликованы в научных изданиях, индексируемых базой данных RSCI; 4 патента Российской Федерации на изобретение; 5 работ в научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus

и/или Web of Science; 2 монографии; 61 публикация в научных журналах, сборниках трудов, материалах международных и всероссийских конференций, форумов, симпозиумов.

Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Авторский вклад в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 60%. Общий объём научных изданий – 66,5 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации (перечень ВАК, RSCI):

1. **Алхасова, Д.А.** Комбинированная солнечно-геотермальная система отопления и горячего водоснабжения / А.Б. Алхасов, Д.А. Алхасова, М.Г. Дибиров // Теплоэнергетика. – 2021. – №7. – С. 58–64. (RSCI)

2. **Алхасова, Д.А.** Технологические решения и оценка эффективности освоения тепла сухих горных пород низкого потенциала / Д.А. Алхасова, Б.А. Алхасов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2019. – №2. – С.37–40.

3. **Алхасова, Д.А.** Комплексное использование низкопотенциальных термальных вод юга России для тепло-, водоснабжения и решения экологических проблем / А.Б. Алхасов, Д.А. Алхасова // Теплоэнергетика. – 2019. – №5. – С.82–88. (RSCI)

4. **Алхасова, Д.А.** Оценка эффективности создания бинарных геотермальных энергоустановок с использованием отработанных нефтяных и газовых скважин на Юге России / А.Б. Алхасов, Д.А. Алхасова // Теплоэнергетика. – 2018. – № 2. – С. 24–32. (RSCI)

5. **Алхасова, Д.А.** Теплообменники для утилизации тепла высокотемпературных геотермальных рассолов / А.Б. Алхасов, Д.А. Алхасова // Теплоэнергетика. – 2018. – № 3. – С. 36–41. (RSCI)

6. **Алхасова, Д.А.** Технологии освоения высокоминерализованных геотермальных ресурсов / А.Б. Алхасов, Д.А. Алхасова, А.Ш. Рамазанов, М.А. Каспарова // Теплоэнергетика. – 2017. – № 9. – С.17–24. (RSCI)

7. **Алхасова, Д.А.** Математическая модель тепломассопереноса в геотермальном пласте при извлечении пароводяной смеси / М.М. Рамазанов,

Д.А. Алхасова // Теплофизика высоких температур. – 2017. – Т. 55, № 2. – С. 284–290. (RSCI)

8. **Алхасова, Д.А.** Комплексное освоение геотермальных ресурсов / А.Б. Ал-хасов, Д.А. Алхасова, Р.М. Алиев, А.Ш. Рамазанов // Юг России: экология, развитие. – 2016. – Т.11, №1. – С.149–158.

9. **Алхасова, Д.А.** Перспективы освоения высокотемпературных высокоминерализованных ресурсов Тарумовского геотермального месторождения / А.Б. Алхасов, Д.А. Алхасова, А.Ш. Рамазанов, М.А. Каспарова // Теплоэнергетика. – 2016. – № 6. – С. 25– 30. (RSCI)

10. **Алхасова, Д.А.** Перспективы комплексного освоения высокопараметрических геотермальных рассолов /А.Б. Алхасов, Д.А. Алхасова, А.Ш. Рамазанов, М.А. Каспарова // Теплоэнергетика. – 2015. – № 6. – С. 11–17. (RSCI)

11. **Алхасова, Д.А.** Современное состояние и перспективы освоения геотермальных ресурсов Северо-Кавказского региона / А.Б. Алхасов, Д.А. Алхасова // Теплоэнергетика. – 2014. – № 6. – С. 28–34. (RSCI)

12. Алхасова, Д.А. Перспективы освоения геотермальных ресурсов Восточ-ного Предкавказья / А.Б. Алхасов, Д.А. Алхасова // Юг России: экология, развитие. – 2013. – №3. – С.17–26.

Патенты на изобретение:

1. Способ комплексной утилизации геотермальных вод : пат. Рос. Федерации № 2650447. / А.Б. Алхасов, **Д.А. Алхасова**, Б.А. Алхасов; патентообладатель ФГБУН ИПГ ДНЦ РАН ; зарег. 13.04.2018; заявка 2016144933; приоритет от 15.11.2016.

2. Способ утилизации энергии геотермальных вод : пат. Рос. Федерации № 2596293 / А.Б. Алхасов, **Д.А. Алхасова**, Б.А. Алхасов; патентообладатель ФГБУН ИПГ ДНЦ РАН ; зарег. 10.08.2016; заявка 2015111724; приоритет от 31.03.2015.

3. Система теплоснабжения и горячего водоснабжения на основе возобновляемых источников энергии : пат. Рос. Федерации № 2445554 /

А.Б. Алхасов, **Д.А. Алхасова**; патентообладатель УРАН ИПГ ДНЦ РАН; зарег. 20.03.2912; заявка 2010135098; приоритет от 20.08.2010.

На автореферат поступило 11 отзывов, все отзывы положительные. В них отмечается актуальность работы, важность и новизна научных результатов, практическая значимость работы.

1. Минцаев Магомед Шавалович, доктор технических наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», профессор кафедры автоматизации технологических процессов и производств, в качестве замечания отметил, что в автореферате не приведен опыт эксплуатации единственной в России геотермальной циркуляционной системы на Ханкальском геотермальном месторождении.

2. Лолаев Алан Батразович, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по инновационному развитию ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук» в качестве замечаний выделил: из автореферата не ясно, в каких объемах проводилось опытно-промышленное внедрение полученных результатов исследований и экономический эффект от внедрения; в автореферате недостаточно информации о глубине протекания геологических процессов при использовании разработанных технологий (изменение грунтовых вод, температурного режима и др.) в рассмотренных природно-техногенных системах.

3. Гамзатов Тимур Гамзатович, директор Филиала ПАО «РусГидро» - «Дагестанский филиал» в качестве замечания отметил, что в автореферате не представлены оценки экономической эффективности предлагаемых автором решений, в том числе создания бинарных ГеоЭС на выработанных нефтяных и газовых месторождениях.

4. Григорьев Борис Афанасьевич, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, начальник отдела Ученого совета в Московской области ООО «Газпром ВНИИГАЗ»; Гречко Александр Георгиевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник Отдела ученого совета в

Московской области ООО «Газпром ВНИИГАЗ» по автореферату отметили общее замечание: Известно, что для новых технических решений важна их технико-экономическая оценка, отвечающая на вопрос будет ли выгодно в экономическом плане их использование. К сожалению, в автореферате не приведена такая информация.

5. Сухих Андрей Анатольевич, доктор технических наук, профессор кафедры теоретических основ теплотехники им. Вукаловича ФГБОУ ВО «НИУ«МЭИ» отметил, что описание комбинированной ГПЭС, схема которой приведена на рис. 4 автореферата, является неполным, т.к. не указан вклад по выработанной мощности всей энергоустановки от ГТУ, работающей от газовой скважины, не указаны и параметры (Талица 3) перегрева рабочего тела (изобутана). Без этих данных не получится решить вопрос оптимизации параметров и конфигурации органического цикла Ренкина; логика изложения материала несколько нарушена. Наверно, следовало бы результаты оптимизации элементов (продольные ребра) конструкции теплообменников (глава 2) привести в конце диссертации в привязке к конкретной схеме с конкретными параметрами и характеристикой теплоносителей после рассмотрения более общих вопросов по тематике схемных решений и технологических разработок; во многих схемных решениях, приведенных в автореферате, используется завод по извлечению химических компонентов. Однако, какие-либо характеристики, описание возможных проблем и особенностей, известных решений по такой технологии отсутствуют; не указано во второй главе, при каких параметрах возникает турбулентный режим течения в межтрубном канале; неясно, учитывалась ли возможность применения разрезных ребер в соответствии с РТМ 108.020.126-80 при наличии существенного загрязнения оребренной поверхности?

6. Асхабов Асхаб Магомедович, доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, главный научный сотрудник Института геологии им. академика Н.П. Юшкевича ФИЦ Коми Научный центр УрО РАН. Замечаний к содержанию автореферата нет. Вопрос - каковы перспективы решения проблемы лития в Дагестане?

7. Ефимов Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Тепловые электрические станции и теплотехники» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова. Замечания и вопросы по содержанию автореферата: в научной новизне работы предложены новые методы, но не показано чем они отличаются от тех, которые использовались ранее, и как они могут улучшить ранее применяемые методы и решения; минерализация геотермальных источников всегда влияла на процесс использования их. В работе решается эта проблема, но только на этапе после использования воды, а необходимо с ней бороться до использования; не ясно, различаются ли суточные графики нагрузки по сезонам года.

8. Алиев Расул Магомедович, доктор технических наук, и.о. генерального директора ООО «Геоэкопром» прислал отзыв без замечаний.

9. Рабаданов Муртазали Хулатаевич, доктор физико-математических наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет» прислал отзыв без замечаний.

10. Саркаров Таджидин Экберович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ТОЭ ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет». Замечания и вопросы по автореферату: вода скважин Тарумовского месторождения с температурой в устье около 180°C содержит около 200 г/л солей и является агрессивной. Имеется ли возможность использовать ее энергию с использованием технологий, разработанными вашими исследованиями?; с целью более полного использования теплового потенциала гидротермальных скважин, в некоторых проектах предполагается значительное снижение давления и температуры геотермальных вод. Реализуется ли это в ваших разработках и как максимально возможно утилизировать тепловую энергию геотермальных вод, например, с понижением температуры теплоносителя до $25-35^{\circ}\text{C}$?; на рис. 10 дается зависимость теплосъема Q грунтового теплообменника от массового расхода теплоносителя. В то же время, увеличение расхода теплоносителя в контуре теплообменника приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи,

что приводит к увеличению теплосъема, а на графике теплосъем перестает расти уже при 0,8 кг/с.

11. Курбанов Яраги Маммаевич, доктор технических наук, профессор, ООО «НовТехСервис», советник генерального директора, заслуженный Геолог РФ прислал отзыв без замечаний.

Выбор официальных оппонентов обосновывается высокой квалификацией специалистов, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Область научных интересов доктора технических наук, профессора, лауреата государственной премии РФ Томарова Григория Валентиновича – технологии и оборудование геотермальных электростанций и систем теплоснабжения; гидродинамика одно- и двухфазных потоков, физико-химические процессы эрозии-коррозии металла, водно-химические режимы энергетических установок; доктор технических наук Шулюпин Александр Николаевич – специалист в области освоения геотермальных ресурсов и вопросам горной теплофизики; область научных интересов доктора технических наук Бутузова Виталия Анатольевича – комплексное использование возобновляемых источников теплоснабжения, солнечное теплоснабжение, геотермальное теплоэлектроснабжение, энергосбережение в системах теплоснабжения.

Выбор ведущей организации ЗАО НПВП «Турбокон», обусловлен научно-исследовательской деятельностью в области создания паротурбинных установок, разработки и внедрения энергосберегающих и бестопливных экологически чистых наукоемких технологий комбинированного производства тепловой и электрической энергии; инновационной деятельностью в области энергосбережений в электроэнергетике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Предложен новый подход к освоению гидротермальных ресурсов пластового типа Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (ВПАБ), заключающийся в комплексном освоении всех видов энергии геотермального

флюида, позволивший приблизить коэффициент использования установленной мощности термоводозабора к единице.

Разработаны основы создания технологии комплексного освоения низкопотенциальных геотермальных ресурсов с использованием тепла артезианской воды на теплоэнергетические цели и самой воды на водохозяйственные нужды, реализация которых позволит частично решить проблемы энергоснабжения, а также питьевого и технического водоснабжения густонаселенного Северо-Кавказского региона.

Показана неэффективность применения термальных вод среднего температурного потенциала для выработки электроэнергии в бинарных ГеоЭС с обратной закачкой отработанного теплоносителя.

Разработаны основы создания технологии комбинированной ГПЭС, позволяющая эффективно использовать для выработки электроэнергии термальные воды с температурой 80–100 °С. Система включает блок бинарной ГеоЭС, где в зависимости от расхода геотермальной циркуляционной системы и температуры термальной воды низкокипящее рабочее тело в блоке ГеоЭС можно нагреть: до определенной температуры; до температуры испарения; частичного испарения и блок газотурбинной электростанции, за счет выхлопных газов которой осуществляется дальнейший нагрев или испарение и перегрев рабочего тела. Реализация данной технологии на Махачкала-Тернаирском месторождении позволит получить мощность ГПЭС до 65 МВт.

Разработаны научные основы комплексного освоения высокотемпературных гидрогеотермальных рассолов Северо-Кавказского региона с использованием их теплового и химического потенциалов с привязкой к конкретным геотермальным месторождениям. Освоение рассолов позволит решить значительные проблемы энергоснабжения региона и обеспечить потребности России в редких элементах. Предложены технологии комплексного освоения ресурсного потенциала Тарумовского, Берикейского, Южно-Сухокумского месторождений.

Обоснована возможность эффективного освоения геотермальных

ресурсов региона путем строительства бинарных ГеоЭС на основе геотермальных циркуляционных систем с использованием простаивающих нефтяных и газовых скважин. Проведенные расчеты показали, что использование всего фонда простаивающих скважин на этих площадях позволит получить общую полезную мощность ГеоЭС до 330 МВт.

Разработаны основы создания комбинированных технологий с использованием различных возобновляемых источников энергии. Реализована комбинированная солнечно-геотермальная система для теплоснабжения децентрализованных потребителей малой мощности, в которой вырабатываемая солнечными коллекторами энергия используется полностью путем накопления части ее в летний период в грунтовом аккумуляторе. Разработаны геотермально-биогазовые технологические схемы с комплексным использованием термальных вод на различные нужды, конструкции которых различны в зависимости от исходных параметров термальной воды, внедрение которых улучшит эколого-экономическую ситуации в Северо-Кавказском регионе.

Разработаны принципиальные основы технологии съема геотермального тепла непосредственно в высокотемпературном пласте без подъема теплоносителя к устью скважины.

Разработана математическая модель, описывающая процесс теплообмена между потоками в трубе и коаксиальном зазоре для оценки эффективности оребрения скважинного теплообменника. Сформулирован критерий оптимальности выбора параметров скважинного теплообменника с ребрами с последующей рекомендацией выбора их конструктивных параметров.

Впервые приведены математические формулировки радиально-симметричных задач об извлечении теплоносителя из высокотемпературного пласта одиночной скважиной при различных режимах тепломассопереноса с учетом фазовых переходов.

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

На примере предложенных в исследовании решениях освоения ресурсного потенциала геотермальных флюидов с привязкой к конкретным месторождениям показана возможность использования не только тепловой, но и других видов энергии гидрогеотермальных ресурсов. Реализация на перспективных участках ВПАБ предложенных в работе технологий комплексного освоения геотермальных ресурсов разного потенциала позволит значительно увеличить долю геотермальной энергии и других возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе Северо-Кавказского региона, что существенно повысит энергетическую безопасность и надежность энергоснабжения социально важных объектов, улучшит экономические показатели хозяйственной деятельности, экологическую ситуацию в регионе и условия жизни значительной части населения, обеспечит потребности различных отраслей экономики России в редких элементах за счет их извлечения из высокоминерализованных рассолов.

Результаты исследований процесса тепломассопереноса в высокотемпературном геотермальном коллекторе будут способствовать нахождению оптимальных расходно-температурных характеристик геотермального теплоносителя при разработке геотермальных месторождений, что позволит эффективно использовать тепловой потенциал высокопараметрических геотермальных ресурсов для выработки электроэнергии в ГеоЭС.

Достоверность полученных данных подтверждена использованием в работе многочисленных результатов геотермических исследований, проводимых на территории ВПАБ, осуществлением комплексных исследований с использованием фундаментальных основ технической термодинамики, теплопередачи, использованием аналитических и численных методов решения задач тепломассопереноса и соответствием результатов современному уровню знаний в исследуемой области.

Личный вклад соискателя состоит в выборе тематики исследования; разработке технологических решений и методов комплексного освоения геотермальных ресурсов разного энергетического потенциала с привязкой к

месторождениям; разработке методики расчета внутрискважинных теплообменников с продольными ребрами и проведении оптимизационных расчетов; нахождении решений задач тепломассопереноса при извлечении теплоносителя их высокотемпературного геотермального коллектора; анализе и обобщении полученных в диссертационной работе результатов, формулировке выводов.

Представление изложенных в диссертационной работе результатов, полученных в совместных исследованиях, согласовано с соавторами. В совместных разработках роль соискателя преобладающая.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания

1. Каков экономический эффект от внедрения полученных результатов исследования? В каких объемах проводилось опытно-промышленное внедрение результатов работы?

2. Формулировка положений, выносимых на защиту, излишне детализирована и с трудом воспринимается.

Соискатель Алхасова Джамия Алибековна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, с замечанием по поводу формулировки положений согласилась.

Диссертация представляет собой законченное и самостоятельное исследование, в котором проведена оценка состояния гидрогеотермальных ресурсов Северо-Кавказского региона и на основе методологии максимального использования ресурсного потенциала проведена разработка технологий их освоения с последующей рекомендацией оптимальных режимно-эксплуатационных параметров энергетических систем.

На заседании 26 июня 2024 г. диссертационный совет принял решение:

за решение важной народнохозяйственной проблемы энергообеспечения субъектов Северо-Кавказского федерального округа на основе разработки технологий с использованием геотермальной и других возобновляемых источников энергии присудить **Алхасовой Джамиле Алибековне** ученую степень доктора технических наук по специальности

2.4.5 – Энергетические системы и комплексы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени 11, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председатель диссертационного совета,

доктор технических наук,
профессор

Павел Александрович
Щинников

Ученый секретарь диссер
доктор технических наук,

Олеся Владимировна
Боруш

26 июня 2024 года