



ЗАО Научно - производственное внедренческое предприятие «ТУРБОКОН»

ЗАО НПВП «Турбокон», Россия, 248010, г.Калуга, ул. Комсомольская роща, 43
Для писем: Россия, 248021, г. Калуга, а/я 771, тел./факс (4842) 55-04-74,
e-mail: turbocon@turboconkaluga.ru, turbocon@kaluga.ru, сайт: www.turboconkaluga.ru
ОКПО 10834798, ОГРН 1024001341616, ИНН/КПП 4028020290/402801001



УТВЕРЖДАЮ

ий директор

УРБОКОН»

В.Б. Перов

2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Закрытого акционерного общества Научно-производственного внедренческого предприятия «Турбокон» (ЗАО НПВП «Турбокон») – на диссертационную работу **Алхасовой Джамили Алибековны** «Энергоэффективные технологии освоения геотермальных ресурсов пластового типа», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы

Актуальность исследований обусловлена тем, что энергетика на современном этапе характеризуется увеличением доли ресурсосберегающих экологически эффективных технологий, к которым относятся технологии на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Технологии на основе геотермальных ресурсов, несомненно, стоит рассматривать как важную составляющую энергетического сектора.

Диссертация соответствует направлению Стратегии научно-технологического развития России «Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников энергии, способов ее передачи и хранения» (Указ Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145).

Основой современной энергетической политики являются меры, направленные на повышение эффективности использования энергии, энергосбережение, сокращение воздействия энергетических объектов на окружающую среду. Накопленный опыт практического использования геотермальных ресурсов и реализация более совершенных технологий и

оборудования с использованием всего ресурсного потенциала геотермальных месторождений позволит значительно улучшить проблему энергоснабжения регионов с низким уровнем энергообеспеченности.

Технологические решения по комплексному освоению гидрогеотермальных ресурсов разного потенциала, методы расчета процессов тепломассопереноса, протекающих в узлах энергоустановок и рекомендации по выбору их оптимальных параметров с учетом различных факторов создадут условия благоприятного и масштабного вовлечения этих ресурсов для обеспечения потребителей различными видами энергии и пресной водой.

Цель диссертационной работы сформулирована достаточно корректно, исследования, проводимые при работе над диссертацией, направлены на решение проблемы максимально эффективного использования ресурсного потенциала для энергообеспечения субъектов Северо-Кавказского федерального округа на основе разработки технологий с использованием геотермальной и других возобновляемых источников энергии.

Полнота достижения поставленной цели. Достижение сформулированной цели предполагает решение ряда задач. Разработка технологий эффективного освоения геотермальных ресурсов проведена с привязкой к геотермальным месторождениям, с учетом их ресурсного потенциала и параметров геотермальных скважин.

Технологии разработаны с учетом эффективного и экологически безопасного использования водного, теплового, газового и химического потенциалов гидрогеотермальных ресурсов. В частности, освоение низкопотенциальных термальных вод, непригодных зачастую для использования в теплоэнергетических целях, рассмотрено в варианте теплонасосных технологий с последующей подачей охлажденной очищенной воды потребителю. Решение задачи эффективного круглогодичного использования скважин на месторождениях термальных вод средней температуры осуществлено с помощью комбинированных геотермально-парогазовых энергоустановок. Освоение высокопараметрических геотермальных рассолов рассмотрено в варианте с последовательным прохождением их через блоки по снятию всех видов энергии и ценных химкомпонентов.

Исследование процессов тепломассопереноса с фазовыми переходами при извлечении теплоносителя из высокотемпературных геотермальных коллекторов реализовано с использованием как аналитических, так и численных методов.

Все задачи, сформулированные автором, решены в полном объеме. Степень достоверности полученных результатов обосновывается осуществлением комплексных исследований с использованием фундаментальных основ технической термодинамики, теплопередачи, использованием аналитических и численных методов решения задач тепломассопереноса в геотермальных энергосистемах.

Значимость полученных результатов заключается в том, что реализация на перспективных участках Восточно-Предкавказского артезианского бассейна предложенных в работе энергоэффективных технологий комплексного освоения геотермальных ресурсов разного потенциала позволит значительно увеличить долю геотермальной энергии и других ВИЭ в энергетическом балансе Северо-Кавказского региона, что 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.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- Разработаны методы эффективного освоения геотермальных ресурсов Северо-Кавказского региона, предполагающие круглогодичную эксплуатацию геотермальных скважин с использованием теплового, водоресурсного, газового и химического потенциалов термальных вод.
- Разработаны технологические системы комплексного освоения теплового и водоресурсного потенциалов низкопотенциальных термальных вод с использованием теплонасосных технологий и последующей их очисткой от загрязнителей на блоках химводоочистки.
- Разработана технология освоения газонасыщенных термальных вод среднего энергетического потенциала, которая предполагает постоянную круглогодичную эксплуатацию геотермальных скважин и повышение эффективности утилизации тепловой энергии термальных вод путем ее преобразования в электроэнергию в комбинированной геотермально-парогазовой энергетической системе (ГПЭС).
- Показана высокая эффективность и разработаны технологии комплексной переработки высокотемпературных рассолов с утилизацией тепловой энергии в бинарной ГеоЭС и последующим извлечением растворенных химических соединений. Комплексное освоение

высокотемпературных геотермальных рассолов является новым направлением в геотермальной энергетике.

- Разработаны термодинамические, гидродинамические, тепломассообменные и оптимизационные методы расчетов геотермальных систем и их узлов с использованием физических и математических моделей.

- Проведена оценка эффективности создания бинарных ГеоЭС с использованием простаивающих нефтяных и газовых скважин. Подсчитаны мощности и основные характеристики ГеоЭС на перспективных площадях Восточно-Предкавказского артезианского бассейна.

- Разработана комбинированная солнечно-геотермальная система для отопления и горячего водоснабжения децентрализованных объектов малой мощности.

- Разработаны геотермально-биогазовые технологии с комплексным использованием термальных вод. Технологии предусматривают использование теплового потенциала термальной воды на различные тепловые цели, в том числе в биореакторе для подогрева биомассы и создания термофильного режима ее брожения.

- Предложена новая технология съема тепла с высокотемпературных рассолов непосредственно в геотермальном пласте скважиной горизонтальной конструкции. Изучены процессы тепломассопереноса в такой системе. Методом Лагранжа получено решение задачи для определения температуры циркулирующего в скважине теплоносителя в произвольный момент времени.

- Приведены формулировки и получены решения радиально-симметричных задач тепломассопереноса в высокотемпературном геотермальном коллекторе вокруг добывающей скважины с учетом фазовых переходов и теплообмена с кровлей и подошвой пласта.

Результаты диссертационного исследования будут полезны при практической реализации геотермальных энергоустановок и систем на месторождениях термальных вод Северо-Кавказского региона (Махачкала-Тернаирское, Тарумовское, Берикейское, Южно-Сухокумское, Речнинское, и др.). 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 весь потенциал высокопараметрических геотермальных ресурсов. Методы расчетов

скважинных теплообменников могут быть использованы в учебном процессе в ВУЗах.

Для практической реализации Министерством энергетики и тарифов Республики Дагестан приняты технологии:

- комбинированная геотермально-парогазовая энергетическая установка для освоения среднетемпературных термальных вод;
- солнечно-геотермальная система отопления и горячего водоснабжения децентрализованных потребителей малой мощности;
- конструкция теплообменника типа «труба в трубе» с продольными ребрами для снятия тепла с высокоминерализованной термальной воды;
- геотермально-биогазовые технологии с комплексным использованием термальной воды.

Технология комплексного использования термальных вод в энергобиологическом комплексе принята ООО «Геоэкопром» для реализации на Речнинском месторождении Республики Дагестан.

По представленной работе имеются следующие замечания:

1. При расчете эффективности оребрения не учтена неизотермичность стенки оребренной трубы, что может повлиять на выбор оптимальных размеров ребра.

2. Влияние теплоотдачи гладкой стороны оребренной стенки учитывается только толщиной слоя жидкости под ребром, что не вполне корректно.

3. Расчеты параметров бинарных циклов выполнены с использованием изобутана, это правильно с точки зрения экологии, но требует более детального анализа свойств других рабочих тел.

4. При расчете движения фронта кипения не ясно, как учитывать изменение глубинных (высотных) отметок и связанных с ними изменений статического давления.

5. Поскольку в работе рассматривается комплексное использование ресурсов геотермальных полей, следовало бы оценить влияние смежных технологий на энергетические характеристики геотермальных скважин.

Приведенные замечания не снижают высокой оценки диссертации, основное содержание которой опубликовано в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций и приравненных к ним из международных баз Scopus WoS, а также в двух монографиях и четырех патентах РФ на изобретения. Материалы диссертации апробированы на различных научных

конференциях. Содержание автореферата полностью соответствует рукописи диссертации.

Общее заключение по диссертации:

Диссертация 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.

Отзыв рассмотрен на расширенном заседании конструкторского бюро термодинамических и газодинамических расчетов и одобрен на заседании научно-технического совета, протокол № 105 от 14 мая 2024 г.

Директор по науке,
лауреат государственной премии
и премии Правительства РФ,
заслуженный деятель науки
и техники РФ, профессор, д.т.н.


О. О. Мильман

Начальник конструкторского бюро
термодинамических и газодинамических
расчетов, к.т.н.

Подписи Мильмана Олега Ош

Специалист по работе с персона

*Проставила в совет 29.05.2024,
Уч. секретарь Де Дю /Борущи О.В./*
ЗАО НПВП «Турбокон»
248021, Калуга, Комсомольская роща, 43,
Тел. +7(4842) 550 474
E-mail: turbocon@kaluga.ru

*С отзывом ознакомлена 30.05.2024,
Алхасов - Алхасова Д.А.*