

Заявка на разработку Комплексного научно-технического проекта полного инновационного цикла (КНТП) «Технологии геотермальной энергетики»

Алексеев Сергей Владимирович,
академик РАН, научный руководитель ИТ СО РАН
Маркович Дмитрий Маркович,
академик РАН, директор ИТ СО РАН, инициатор КНТП

director@itp.nsc.ru

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе
Сибирского отделения Российской академии наук
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, д.1

19.10.2022 г.



КНТП «Технологии геотермальной энергетики»

Инициатор КНТП: **Институт теплофизики СО РАН**

Предполагаемый ответственный исполнитель-координатор комплексного проекта:

Министерство энергетики Российской Федерации.

Предполагаемый соисполнитель комплексного проекта:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Заказчики комплексного проекта: **ПАО «Русгидро» (основной)**

Комплексный проект включает в себя

6 комплексных задач.

Цель: Разработка и внедрение экономически выгодных и экологически чистых передовых отечественных технологий геотермальной энергетики для решения задач энерго - и теплоснабжения различных регионов России, включая отдаленные, на основе имеющихся и перспективных гидротермальных и петротермальных теплоисточников, энерго -и ресурсосбережения в различных отраслях промышленности и коммунального хозяйства с получением значимых социально-экономических эффектов.

- Преимущественное развитие бинарных циклов, в том числе для задач энергосбережения.
- Освоение глубинного тепла на базе EGS, как самого перспективного вида геотермальной энергии.
- Извлечение из термальной воды ценных химикатов, особенно редкоземельных элементов.
- Развитие новых эффективных технологий бурения, которые могут иметь революционное значение не только для геотермальной энергетики, но и многих других отраслей промышленности.
- Разработка и применение геофизических методов диагностики.
- Развитие и масштабное применение геотермальных тепловых насосов.



Реализация КНТП обеспечит выполнение следующих государственных проектов:

- Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности
- Социально-экономическое развитие Дальневосточного федерального округа
- Развитие Северо -Кавказского Федерального округа
- Развитие науки, промышленности и технологий
- Содействие занятости населения
- Охрана окружающей среды
- Развитие энергетики
- Комфортная и безопасная среда для жизни
- Развитие атомного энергопромышленного комплекса
- Внедрение наилучших доступных технологий

Реализация Программы позволит решить научно-технические и социально-экономические задачи страны в сфере энергетики и получить результаты мирового уровня путем разработки и внедрения инновационных технологий и продуктов в рамках приоритетов, определенных Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утверждённой Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. N 642, а именно:

- **Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии.**

В процессе выполнения КНТП будут:

- Предложены и зарегистрированы не менее 30 патентов и «ноу-хау»;
- Переданы в серийное производство не менее 5 технологий на основе разработанного импортозамещающего оборудования и процессов;
- Создано не менее 100 новых рабочих мест;
- Решены вопросы по уменьшению «северного завоза» топлива для энергоснабжения отдельных отдаленных регионов России (о. Итуруп и др.) за счет создания ГеоТЭС;
- Разработаны импортозамещающие технологии получения сырьевых материалов из минерализованных растворов геотермальных месторождений Республики Дагестан для производства лития для атомной и оборонной промышленности, редкоземельных металлов для отечественной микроэлектроники;

- разработаны типовые технологии и оборудование для устойчивой работы паровых и водогрейных котельных в режиме самообеспечения электроэнергией на тепловом потреблении;
- созданы оцифрованные базы данных по существующим геотермальным месторождениям России, включая пробуренные в советский период;
- предложены не менее двух методов геологоразведки геотермальных месторождений с использованием цифровых технологий.



Обоснование актуальности проекта

Геотермальная энергия

ПРИПОВЕРХНОСТНОЕ ТЕПЛО – тепло подземных источников нагретой воды
ГИДРОГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ГЛУБИННОЕ ТЕПЛО (3 – 10 км) – тепло сухих пород с температурой до **350 °C**
ПЕТРОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Преимущества петротермальной энергетики

Непрерывное производство энергии

В любом месте Земли

ВИЭ

Нет экологических последствий

Отсутствие эмиссии газов, в т.ч. CO₂

Не надо хранить первичную энергию

Не надо много земли

Неисчерпаемый источник энергии



Обоснование актуальности проекта

Использование геотермальной энергии

- $t > 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ → ГеоЭС на сухом паре (э/э)
- $t > 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ → ГеоЭС на пароводяной смеси (э/э)
- $t > 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ → ГеоЭС с бинарным циклом (э/э)
- $t \sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ → прямое теплоснабжение (тепло)
- при **низкой** t → тепловые насосы (тепло)

Одна из основных проблем использования термальных вод – их высокая **минерализация**, которая достигает **200 г/л** (и даже 700 г/л). Главными в природных водах являются 6 ионов, к которым относятся 3 аниона - хлор Cl^- , сульфат SO_4^{2-} , гидрокарбонат HCO_3^- и 3 катиона - натрий Na^+ , кальций Ca^{2+} и магний Mg^{2+} . В результате имеют место интенсивные процессы **загрязнения** и **коррозии** оборудования.

Однако, рассолы разных месторождений могут содержать **ценные** химические вещества (**литий**, рублидий, цезий, бром, калий и другие), которые можно извлекать в промышленных масштабах.



Обоснование актуальности проекта

Петротермальная энергетика

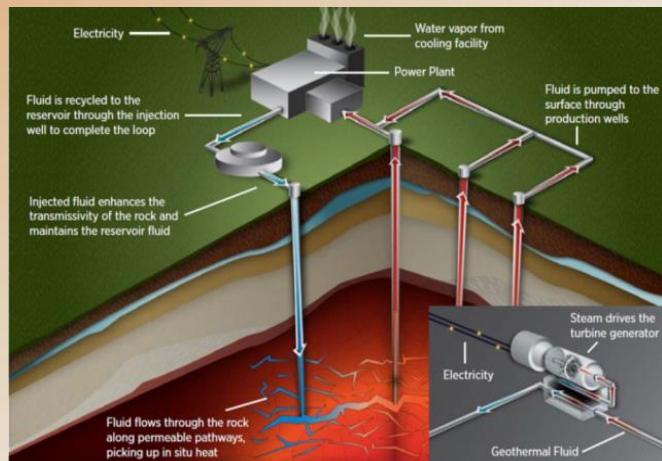


Схема утилизации глубинного тепла (EGS).

Глубина до **10 км**, температура до **350°C**.

Тезис: Петротермальной энергии достаточно, чтобы **навсегда** обеспечить человечество энергией!

Опыт США

«GeoVision: Harnessing the Heat Beneath Our Feet» (2019)

Извлекаемые запасы геотермальной энергии в США: **20 000** годовых потреблений энергии (!).

Планы:

К 2030 г. достичь цены **6 ¢/kWh** за геотермальную энергию.

К 2050 г. достичь уровня **60 ГВт** за счет глубинного тепла (**3,7%** установленной **электрической** мощности в США или **25%** - в России) и **8,5%** по производству энергии.

А также **320 ГВт** по теплу.

В РФ все теплоснабжение составляет **175 ГВт**.

28 млн. геотермальных **тепловых насосов!**

В 2020 г. в США затраты на НИОКР по **глубинному** теплу составили **69 млн. \$**, в то время как на традиционную **гидротермальную** энергетику выделено **20 млн. \$**, а на **низкотемпературную** геотермальную энергетику (куда входят бинарные станции) – всего **15 млн. \$**.



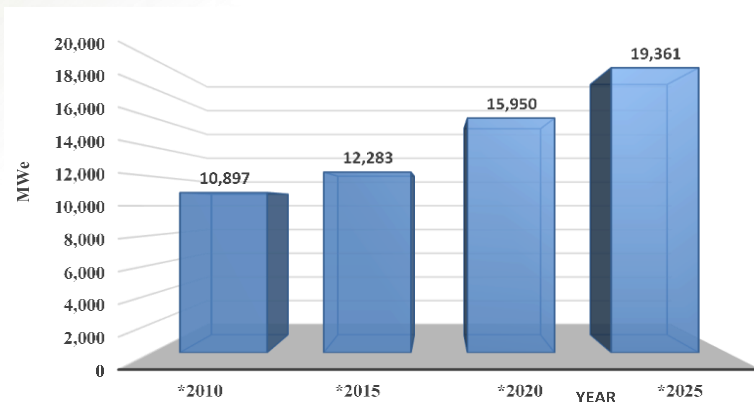
Обоснование актуальности проекта

	Страна	Установленная мощность, МВт(э)	Энергия, ГВт ч/год	Доля энергии в энергобалансе страны, %
1	США	3 700	18 366	0,4%
2	Индонезия	2 289	15 315	
3	Филиппины	1 918	9 893	
4	Турция	1 549	8 168	
10	Исландия	755	6 010	30%
14	Россия	82	441	
	...			
	Всего	15 950	95 098	

Установленная электрическая **мощность** и производство **энергии** на ГеоЭС в странах мира в 2020 г.

Доля геотермальной энергии в установленной мощности ВИЭ – **0,6%!**

Современное состояние

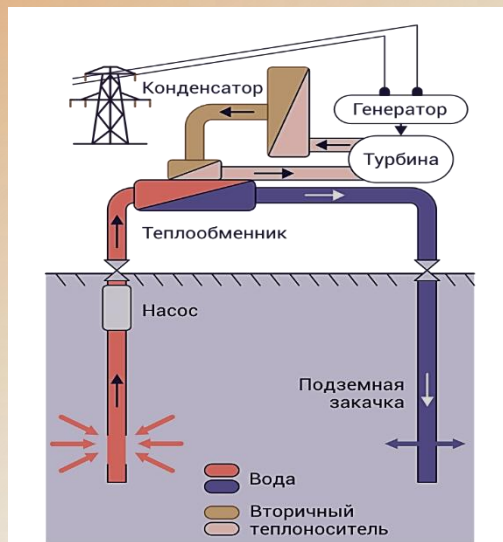


Установленная электрическая **мощность** геотермальных станций в мире с 2010 по 2025 гг.

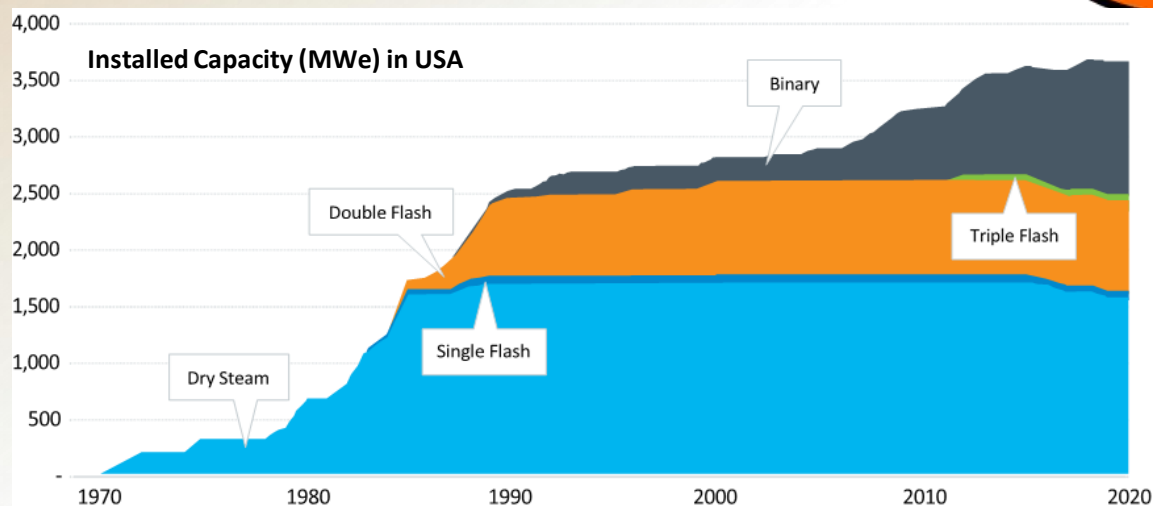


Обоснование актуальности проекта

Бинарная ГеоЭС



Основа: **Organic Rankine Cycle (ORC)**.
Впервые в мире бинарный цикл с фреоновой турбиной на фреоне R-12 для выработки э/э из геотермального источника реализован на Паратунской ГеоЭС (ИТФ СО АН СССР, 1967).



Наибольший прирост мощностей наблюдается для **бинарных станций**.

ORC эффективен при $t \leq 400^{\circ}\text{C}$ и мощности $1 \text{ кВт} \div 10 \text{ МВт}$.
В мире в эксплуатации **600 ТЭС** на **ORC** общей мощностью **2 ГВт**.
Назначение: **ВИЭ, тепловые выбросы**.

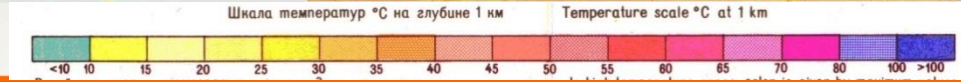
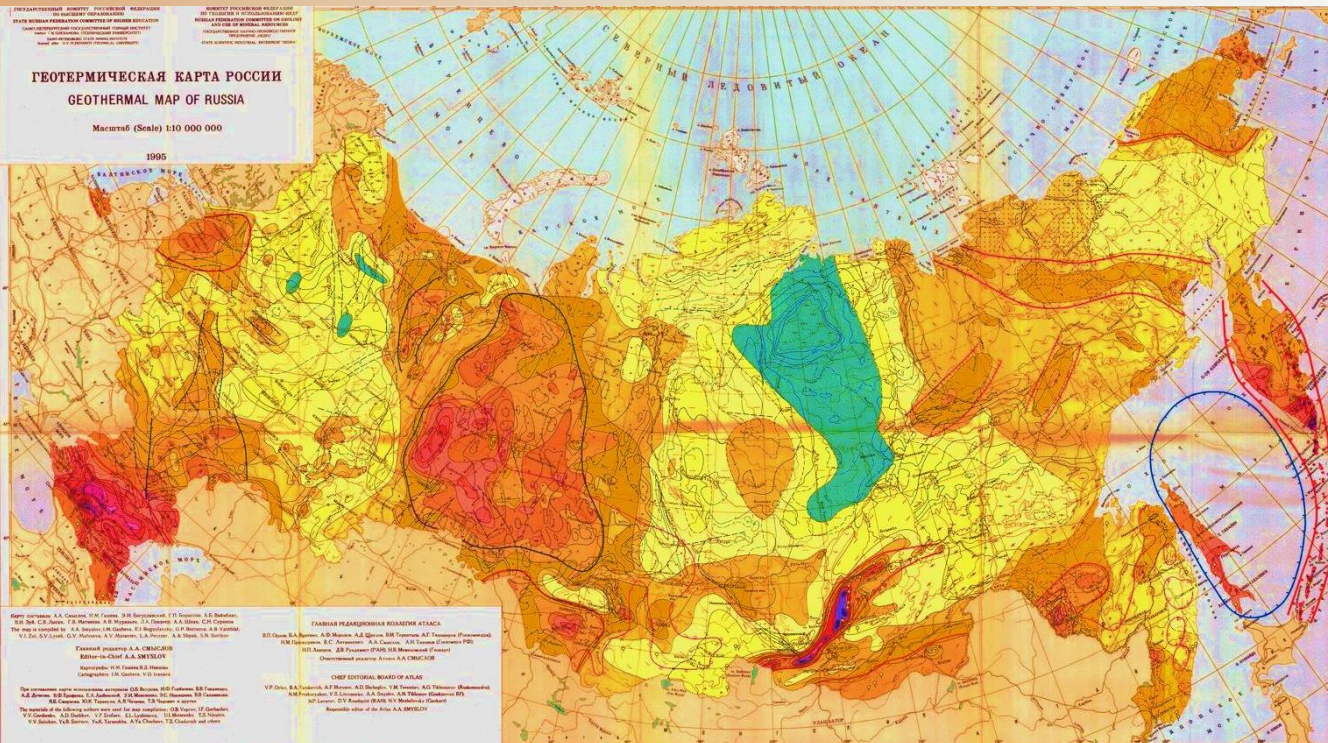


Обоснование актуальности проекта

Геотермическая карта России

Западная Сибирь – самый богатый регион России по запасам геотермальной энергии.

Подземные воды:
Новосибирская обл.: $t \leq 39^\circ\text{C}$
Томская обл.: $t \leq 85^\circ\text{C}$





Обоснование актуальности проекта

Гидрогеотермальная энергетика в России

ГеоЭС на сухом паре

В 1967 г. на юге Камчатки была построена первая в России ГеоЭС - **Паужетская ГеоЭС** мощностью 5 МВт.

Сегодня: **Камчатка:**

Мутновская ГеоЭС = 50 МВт

Верхне-Мутновская ГеоЭС = 12 МВт

Паужетская ГеоЭС = 11 МВт

Курилы: 2 ГеоЭС = (2.6 + 6) МВт

Итого: 81,6 МВт



Паужетская
ГеоЭС

Бинарная ГеоЭС (*в России нет!*)

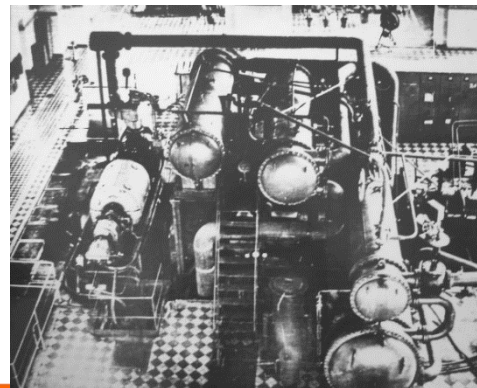
Паратунская ГеоЭС (1967 - 1974)

Разработчик *ИТФ СО АН СССР*

Авторы технологии: *С.С. Кутателадзе, Л.М. Розенфельд (1962)*

Исполнители: *Петин Ю.М., Москвичева В.Н.*

Впервые в мире применен бинарный цикл с **фреоновой** турбиной на фреоне **R-12** для выработки э/э из геотермального источника:
Мощность **815 кВт**, $t_{\text{вода}} = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$.





Обоснование актуальности проекта

Выводы и предложения

Геотермальная энергия – самый экологически чистый и практически неисчерпаемый источник энергии. Для ее масштабного применения, особенно в свете перехода на «зеленую» энергетику, необходимо решение следующих ключевых задач:

- Развитие и масштабное применение геотермальных **тепловых насосов**.
- Преимущественное развитие **бинарных циклов**, в том числе для задач энергосбережения.
- Освоение **глубинного тепла** на базе **EGS**, как самого перспективного вида геотермальной энергии.
- Извлечение из термальной воды **ценных химикатов**, особенно редкоземельных элементов.
- Развитие новых эффективных технологий **бурения**, которые могут иметь революционное значение не только для геотермальной энергетики, но и многих других отраслей промышленности.
- Разработка и применение **геофизических** методов диагностики.

Для реализации указанных задач необходимо:

1. Разработать **дорожную карту** развития геотермальной и петротермальной энергетики в России.
2. В кратчайшие сроки представить в Совет по приоритетному направлению «Энергетика» заявку на Комплексный научно-технический проект (**КНТП**) полного инновационного цикла: «**Технологии геотермальной энергетики**».

Научно-исследовательские институты Минобрнауки:

ИТ СО РАН, ИВМиМГ СО РАН, ИНГГ СО РАН, ИПГВЭ ОИВТ РАН

Университеты: ТПУ, НГТУ-НЭТИ, ГГНТУ им. М. Д. Миллионщикова

Научные организации: ЗАО НПВП «Турбоконт»,

Проектные организации: ООО «Геотерм –М», Фонд «Сколково»,

Промышленные предприятия: ПАО «Русгидро», ПАО «Силовые машины», ПАО «КАМАЗ», АО Калужский турбинный завод, ПАО «Объединённая двигателестроительная корпорация» (АО «ОДК»), ПАО «Газпром», ПАО «Газпромэнергохолдинг», ПАО «Газпром нефть», ПАО «Татнефть», ПАО «Интер РАО», Госкорпорация «Росатом», ООО «Красцветмет», ООО «Геоэкопром», ООО «Геотерм ЭМ», ООО «НПО» Центротех», предприятия Сибирской генерирующей компании, предприятия «Сахалинэнерго», предприятия «Камчатэнерго»



Опыт и достижения Института теплофизики СО РАН (инициатора КНТП) в сфере освоения геотермальной энергии

1. Впервые в мире реализован **бинарный цикл** с фреоновой турбиной на фреоне R-12 для выработки э/э из геотермального источника на Паратунской ГеоЭС (1967 - 1974).
2. Впервые исследован ряд **теплофизических свойств** перспективных рабочих тел для термодинамических циклов применительно к геотермальной энергетике и задачам энергосбережения, в том числе: CO₂, R-12, R-142, R-134a, R-236, перфторуглероды.
3. Впервые в России разработан и применен на практике ряд новых конструкций **парокомпрессионных тепловых насосов** (совместно с ЗАО «Энергия» и ВТК «Икар»).
4. Впервые в России разработан и применен на практике ряд новых конструкций **абсорбционных бромистолитиевых термотрансформаторов**, работающих как в режиме теплового насоса, так и холодильной машины (совместно с компанией «Теплосибмаш», которая сегодня является единственным в России производителем отечественного оборудования).
5. Развиты основы **петротермальной** энергетике, начиная с совместных работ с Санкт-Петербургским горным университетом, и завершая исследованиями последних лет.
6. Значимость работ по геотермальной энергетике и смежным вопросам в области энергосбережения подтверждается высшими **премиями**, в частности, «**Глобальная энергия**» (В.Е. Накоряков – 2007 г., С.В. Алексеенко – 2018 г.). Сюда же можно отнести публикацию С.В. Алексеенко «Геотермальная энергия» в 2022 г. в книге Международной Ассоциации «Глобальная энергия» под названием: «**10 прорывных идей в энергетике на ближайшие 10 лет**».

Сроки реализации проекта – 2023-2030 гг

Этап 1. Блок работ по выполнению НИОКР

Сроки: 2023 - 2025 гг.

Этап 2. Блок работ по разработке экспериментального оборудования и технологий с их апробацией на лабораторных стендах.

Сроки: 2024 – 2028 гг

Этап 3. Передача оборудования и технологий в серийное производство.

Сроки: 2025 - 2030 гг



Источники финансирования

Объем финансирования на весь период 2023-2030 гг
составит **15 000 млн. рублей**:

- ❖ бюджетное финансирование **3 000 млн. рублей**,
- ❖ внебюджетное – **12 000 млн. рублей**
(средства ПАО «Русгидро», ПАО «Газпромнефть», ПАО «Интер РАО» и др.)



Объем финансирования КНТП

21

№	Этап	Стоимость, млн. руб.	Источники финансирования	В том числе по этапам		
				1	2	3
1	Проведение НИОКР	3 000	70% - федеральный бюджет	2 100	-	-
			30% - внебюджетные источники	900	-	-
2	Разработка экспериментального оборудования и технологий с их апробацией на лабораторных стендах	8 000	10% - федеральный бюджет	-	800	-
			90 % - внебюджетные источники	-	7 200	-
3	Передача оборудования и технологий в серийное производство	4 000	2,5 % - федеральный бюджет	-	-	100
			97,5% - внебюджетные источники	-	-	3 900
Итого		15 000	20% - федеральный бюджет	2 100	800	100
			80% -внебюджетные источники	900	7 200	3 900
				3 000	8 000	4 000

Спасибо за внимание!