



Совместное заседание Высшего горного
совета и Комитета ТПП РФ по
энергетической стратегии и развитию ТЭК
«Горнодобывающие отрасли и ТЭК»
ТПП РФ, г. Москва
30 мая 2023 года

Технологии распределенной генерации для удаленных районов

С.В. Алексеенко,
академик РАН,
научный руководитель Института теплофизики СО РАН



Малая энергетика

Установки распределенной генерации (до нескольких десятков мегаватт): ГТУ, ГПУ, ДГУ, тепловые насосы и установки на базе **ВИЭ** (солнце, ветер, биомасса, геотермальное тепло, малые водостоки), а также накопители энергии. Сюда же входят малые котельные установки на органическом топливе. На **изолированных** и труднодоступных территориях России **электрогенерация** составляет **7 600 МВт**, преимущественно на базе дизельных электростанций (**ДЭС**). В зоне **Российского Севера** эксплуатируются более **12 тысяч ДЭС** мощностью от **100 кВт** до **3,5 МВт**, и еще почти такое же количество **мелких котельных**.

Количество **электрогенерирующих** установок на **Дальнем Востоке** (*Филиппов, ИНЭИ РАН*): **89%** (2313 шт.) - установки мощностью **0,5 МВт(э)** и **8%** (204 шт.) - установки мощностью **2 - 3 МВт(э)**. Средняя единичная **тепловая** мощность: **3,4 МВт(т)**. Соотношение требуемой **тепловой** и **электрической** мощности: **4,8**. Номенклатура по ДЭС крупнейшего в РФ завода **ГК «Юг-Энерго»**: от **50 кВт** до **3 МВт**.

Средний тариф по э/э для населения:	2,5 руб/кВт*час
Себестоимость производства э/э в центре РФ на ДЭС:	18 – 20 руб/кВт*час
Себестоимость производства э/э на Севере на ДЭС:	30 – 33 руб/кВт*час
Себестоимость производства э/э на Севере:	50 – 200 руб/кВт*час (до 2 000 в Якутии)
Нормированная себестоимость производства э/э в мире:	14 – 30 руб/кВт*час

Выводы:

1. Установки распределенной генерации отличаются огромным **разнообразием**.
2. Преобладающий тип **электрогенерации**: дизельные электростанции (**ДЭС**).
3. Наиболее востребованный диапазон мощностей по **электрогенерации**: **50 кВт – 3 МВт**.
4. Средняя единичная **тепловая** мощность: **3,4 МВт(т)**.
5. Актуальным является вопрос об установках **килловатного** класса для энергоснабжения **индивидуального** жилья и **малых** объектов.
6. Мировые **тренды**: Использование **местных** энергетических ресурсов и **ВИЭ**.



Ассоциация
малой
энергетики



МКС[®]
группа компаний

МАЛАЯ ЭНЕРГЕТИКА
для **БОЛЬШИХ** ДЕЛ!

Ассоциация малой энергетики: некоммерческая организация, объединяющая высокотехнологичные компании, работающие в сфере малой распределенной энергетики и смежных отраслях.

Группа компаний «МКС»[®] – инжиниринговое предприятие, основным направлением деятельности которого является строительство энергетических объектов «под ключ». Компания проектирует, строит и эксплуатирует **газопоршневые электростанции** (мини-ТЭС), а также **ДЭС**. Является одним из лидеров в РФ.

Максим Загорнов - президент Ассоциации малой энергетики, директор Группы компаний «МКС», председатель подкомитета по малой генерации комитета энергетики.

Международная премия «Малая энергетика – большие достижения». Главная профильная платформа и единственная в мире отраслевая награда, которая вручается компаниям и организациям за лучшие реализованные проекты в сфере малой распределенной энергетики в России и за рубежом. В числе номинаций:

1. «Лучший проект в области малой энергетики мощностью **до 5 МВт**»;
2. «Лучший проект в области малой энергетики мощностью **от 5 МВт**»;
3. «Лучший проект в области **альтернативной** энергетики»;
4. «**Инновационная** разработка в сфере энергетики».



Передвижные ДЭС



Стационарные ДЭС



Органическое топливо

Пояснения к слайдам - цветные метки:



Стадия коммерциализации разработки



Стадия пилотной установки



Стадия НИОКР

Автоматические угольные котлы «Терморобот»

Терморобот — это современная эффективная технология автономного отопления углем. Особенностью автоматических угольных котлов Терморобот является применение горелочного устройства нового типа: **линейной горелки Терморобот**. В отличие от топок со слоевым горением в этой горелке находится водоохлаждаемый **шнек**, который непрерывно ворошит горящее топливо, что позволяет добиться полного сжигания углей различных марок и обеспечивает механизированное удаление золы. Эти котлы используются для горячего водоснабжения и автономного водяного отопления помещений площадью от **300 до 150 000 м²**. Диапазон мощностей: **150 – 4 800 кВт**.

По спецзаказу производятся многомодульные котельные мощностью от **10 до 30 МВт**.



Автоматический угольный котел ТР-200

Горячее водоснабжение и отопление.
Оснащен шнековой системой для подачи твердого топлива.

Мощность: **200 кВт**.

Топливо: **Уголь, пеллеты**.

Цена: **1 512 000 руб.**



Автоматическая котельная Терморобот-1600

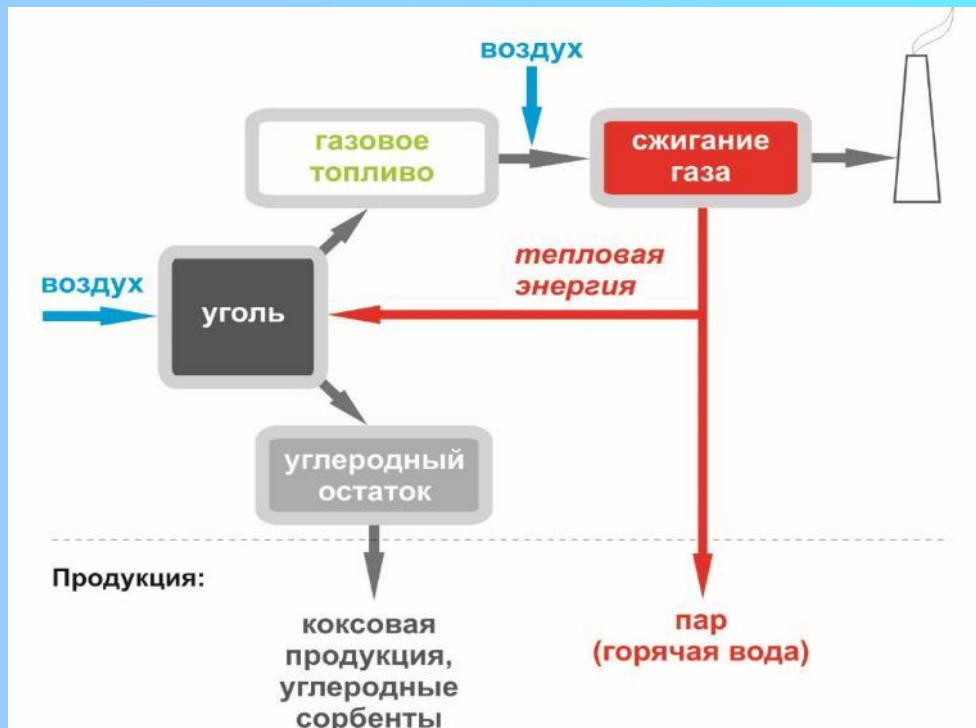
Это отдельно стоящая котельная модульного типа.
Предназначена для отопления и горячего водоснабжения помещений площадью до **16 000 м²**.

Мощность: **1 600 кВт**.

Топливо: **Уголь, пеллеты**.

Цена: **11 491 000 руб.**

Технология ТЕРМОКОКС-С



Частичная газификация угля в слоевом аппарате с целью получения термококса и генераторного газа энергетического назначения, не содержащего угольной смолы. Газ сжигается на месте в газовом бойлере для производства тепловой энергии, а высококалорийный термококк является сырьем для изготовления продукции широкого спектра применения – бездымное бытовое топливо, углеродные сорбенты, заменитель металлургического кокса.



Цех газификации угля 1 000 т/год в Красноярске



Первая фабрика бездымного топлива (Улан-Батор, 2008).
Новый проект в Монголии: завод по производству брикетов бездымного топлива в объеме 210 тыс. т/год (построен – не запущен).

Исламов (СУЭК)

Водоугольное топливо (ВУТ)

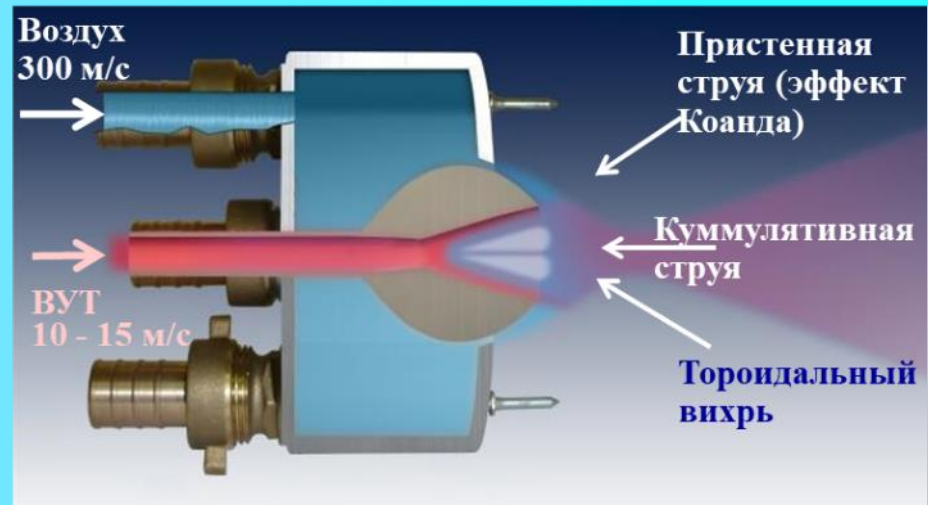
Развита технология получения ВУТ (65% угля) на основе шаровой мельницы и генератора кавитации с добавлением пластификатора. Размер угольных частиц около 50 - 70 мкм. Разработан метод сжигания ВУТ в вихревой камере с использованием оригинальной пневматической форсунки, созданной на основе эффектов Коанда и куммуляции.

Преимущества:

- Возможность сжигания широкой гаммы твердых топлив: низкосортных углей, сланцев, торфа, угольных шламов с зольностью до 50%.
- Температура воспламенения ВУТ составляет 450...650 °С, температура горения – 950...1050 °С (сухое шлакоудаление) и до 1500 °С (жидкое шлакоудаление).
- Степень выгорания горючей массы 95 – 97%.
- Высокие экологические характеристики: существенное снижение в продуктах сгорания окислов азота (в 1,5...2 раза), окиси углерода (в 2 раза) и бенз(а)пирена (в 5 раз) и практически нулевые выбросы твердых частиц.

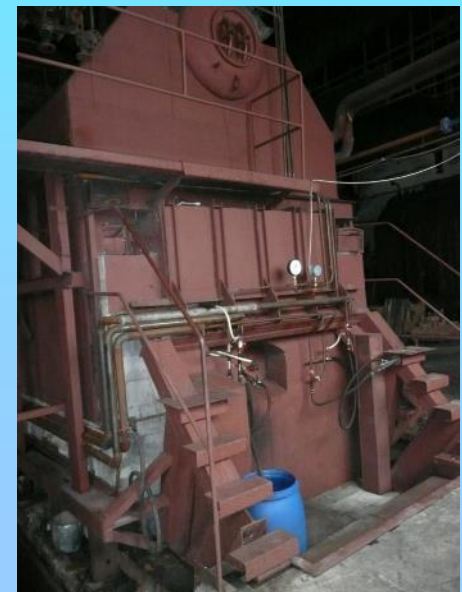
Опыт:

Построены 3 пилотные котельные установки мощностью 1,5; 3; 7 МВт.



ИТ СО РАН, «Протэн»

Котел КЕ 10-13 «Завода стеновых блоков» (газобетона) в Матвеевке

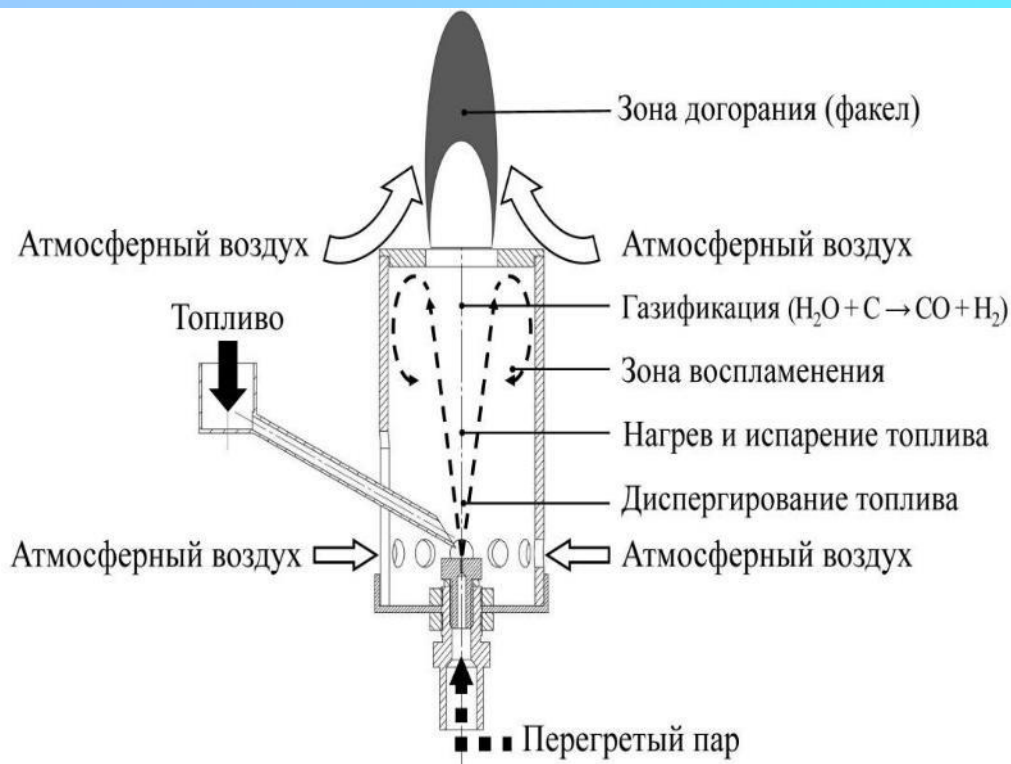


Сжигание жидких углеводородов в струе пара

Принцип: сжигание жидкого топлива в струе перегретого пара воды (с промежуточной газификацией).

Топлива: дизельное топливо, отработанное масло, нефтяные шламы.

Управление концентрацией пара и коэффициентом избытка воздуха позволяет понизить оксиды азота до 70% при высокой полноте сгорания топлива.



Горелочное устройство мощностью до 20 кВт



Копьев (ИТ СО РАН)

Сжигание жидких углеводородов в струе пара

Демонстрация способа бесплажного
сжигания топлива



Характерный
сажный режим
горения дизтоплива



«Сажепаровый»
режим горения

Области применения:

- решение задач автономного теплоснабжения;
- утилизация горючих отходов

Каталитические реакторы сжигания природного газа

Каталитические реакторы сжигания природного газа на основе **металлосетчатых** катализаторов. На фото представлены реакторы мощностью от **150 Вт** до **10 кВт** и готовые к практическому применению изделия на их основе.

Полное и экологически безопасное окисление газообразных углеводородов каталитическим (**беспламенным**) способом при температуре от **250** до **800°C** с минимальным выбросом вредных продуктов, т.к. сетчатая структура каталитических элементов обеспечивает максимальную площадь контакта с газовой смесью.

Возможно использование в качестве топлива **водорода**.

Удельная мощность, снимаемая с единицы поверхности металлосетчатого катализатора может варьироваться от **5** до **80 Вт/см²** и определяется эффективностью теплосъема.

В промышленности Российской Федерации такая технология пока **не используется**.



1. Обогреватель походный **3 кВт** (пропан-бутан);
2. Нагреватель водогрейного котла **10 кВт** и
3. Котел с системой каталитического дожигания (**метан**);
4. Нагреватель для труб профилированный **2 кВт** (**метан**).





Возобновляемые источники энергии (ВИЭ)

ВИЭ в Монголии

Постановление Правительства:

В каждом **сомоне** (районе) должны функционировать **солнечная** электростанция (СЭС) и **ветроэлектрическая станция** (ВЭС).



МикроГЭС

Шнековые гидротурбины

Основные технические параметры шнековых турбин:

- Мощность - до **500 кВт**
- Напор - от **1,0** до **10 м**
- Расход - от **0,1** до **10 куб.м/сек**
- Угол наклона - **22 - 36 град.**
- Диаметр шнека - от **0,7** до **4 м**
- КПД - до **85 %**.



СФУ (Красноярск)

Бесплотинные ГЭС



Мощность **каскада** бесплотинных ГЭС в летнем стоке, от **17** до **51 МВт** от **145** до **730** штук на базе **25 км** и разных рабочих скоростях.

Относительный КПД каскада летом **14 – 43%** от мощности плотинной ГЭС высотой **57 м**, на общей базе **25 км**. Мощность каскада бесплотинных ГЭС зимой в от **2,5** до **15 МВт**, при КПД относительно плотинного варианта от **8** до **50%**.

Огородников (ИТ СО РАН)

Малые ветрогенераторы

Производство в России

EDS-Group



EDS-Group, является одним из ведущих российских производителей ветрогенераторов, в том числе с вертикальной осью вращения. Находится в г.Омск.

Выпускает модели:

- o серия вертикально-осевых конструкций **Sokol Air Vertical** мощностью 0,5–15 кВт и стоимостью 130000–1020000 рублей;
- o серия вертикально-осевых конструкций **Falcon Euro** мощностью до 120 кВт и стоимостью 135000–1050000 рублей.

EnergyWind

Российский производитель ветрогенераторов, выполненных по горизонтальной схеме, — приводится для сравнения. Мощность установок 1–10 кВт, цена 68000–600000 рублей.

Первые две компании будут наиболее интересны для индивидуальных застройщиков, интересующихся схемами вертикальных ветрогенераторов. Тем, кто силен в механике и электрике, представляется великолепная возможность сконструировать и самостоятельно сделать ветрогенератор своими руками.

Сальбамаш



Питерский производитель альтернативных источников энергии. Производит ветряные электростанции ОСА, выполненные по вертикально-осевой схеме с прямыми лопастями. Мощность установок составляет 300–3000 Вт. Стоимость конструкций 100000–350000 рублей (цена дилеров). Кроме этого, появилась новинка, ветротурбина РосТок. Её отличие – лопасти выполнены по спиралевидной форме.

АКБ Миллениум

Московский производитель ветрогенераторов с мощностью 0,4–250 кВт. Стоимость для потребителей устанавливается индивидуально, по договору.

СЭС компании Хевел

"Хевел" основан в 2009 году и является единственным в России вертикально интегрированным производителем солнечных модулей. Высокотехнологичное производство высокоэффективных солнечных модулей по одной из самых современных технологий в мире. Ежегодно выпускается более **340 МВт** гетероструктурных солнечных модулей и ячеек с эффективностью до **24,5%**. Реализованные проекты: **1 300 МВт** - установленная мощность построенных солнечных электростанций (СЭС).



Омский НПЗ (ПАО Газпром нефть). Солнечная станция мощностью **1 МВт** размещена на площади **2,5 га** и состоит из 2,7 тыс. солнечных панелей. Себестоимость (25 лет) **3 руб/кВт*час**.



Усть-Коксинская СЭС (Республика Алтай). Мощность **40 МВт**, площадь более **100 га**, установлены **126 672** солнечных модуля.



Автономные **гибридные** энергетические установки в сёлах Мугур-Аксы и Кызыл-Хая Республики **Тыва** (**7 тыс. чел.**). Суммарная мощность **550 кВт**: СЭС и **дизельные генераторы**. Экономия топлива **30%**.

Природный энергетический потенциал

Для охвата большинства потребителей, наиболее эффективно создание гибридных энергетических модулей мощностью **150 - 300 кВт** на основе использования **органических топлив** и отечественных **ВЭУ** и **СФЭУ** мощностью **50 - 100 кВт**.

Солнечно-дизельные энергокомплексы



Территории с достаточным гелиопотенциалом находятся южнее границ Арктической зоны, за исключением Чукотского Автономного округа и севера Саха -Якутии, где построены несколько промышленных солнечно-дизельных электростанций суммарной мощностью около **6 МВт**.

Ветро-дизельные энергокомплексы



Территории с наибольшим ветропотенциалом находятся преимущественно внутри Арктической зоны и Дальнего Востока. Всего в Арктике в настоящее время эксплуатируются 3 ветро-дизельных энергокомплекса с суммарной мощностью ВЭС **1,2 МВт**.

Гелиопотенциал



Ветропотенциал



Генераторы с двигателем Стирлинга

Теплоэлектростанции (генераторы) на газовом топливе, отработанном масле, угле, древесных, сельскохозяйственных и бытовых отходах мощностью от 1 до 30 кВт (каскадные до 600 кВт);

тепловые машины - двигатели внешнего сгорания (двигатели Стирлинга);

тепло-электрогенераторы и теплообменники для утилизации тепловой энергии различных технологических процессов, в том числе от солнечных нагревателей.

Себестоимость вырабатываемой электроэнергии достигает величины 1,5 руб. за 1 кВт * час, без учета получаемой тепловой энергии для нужд отопления и других технологических нужд. *Окупаемость*: 2 – 5 лет.

Созданы опытные образцы цилиндро-поршневых тепловых машин, работающих по циклу Стирлинга, для использования в качестве двигателей для привода генераторов, компрессоров, пневмомоторов, холодильных агрегатов.



«ГДС-1»

Мощность – 1 кВт

Рабочее тело – воздух

Вес – 40 кг

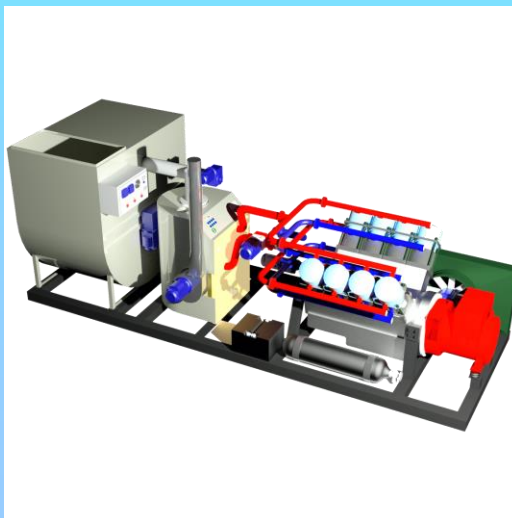
Топливо (основное) – газ

Топливо (опциональное) – дрова, уголь, отработанное масло, пеллеты

Солнечный концентратор

КПД общий - 14%

Цена: 239 000 руб.



«ГДС-30»

Мощность – 30 кВт

Рабочее тело – воздух

Вес – 2 000 кг

Топливо (основное) – газ

Топливо (опциональное) – дрова, уголь, отработанное масло, пеллеты

Солнечный концентратор

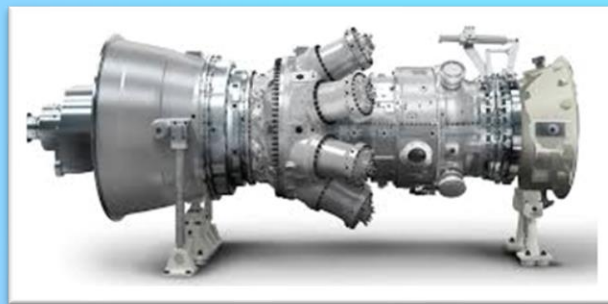
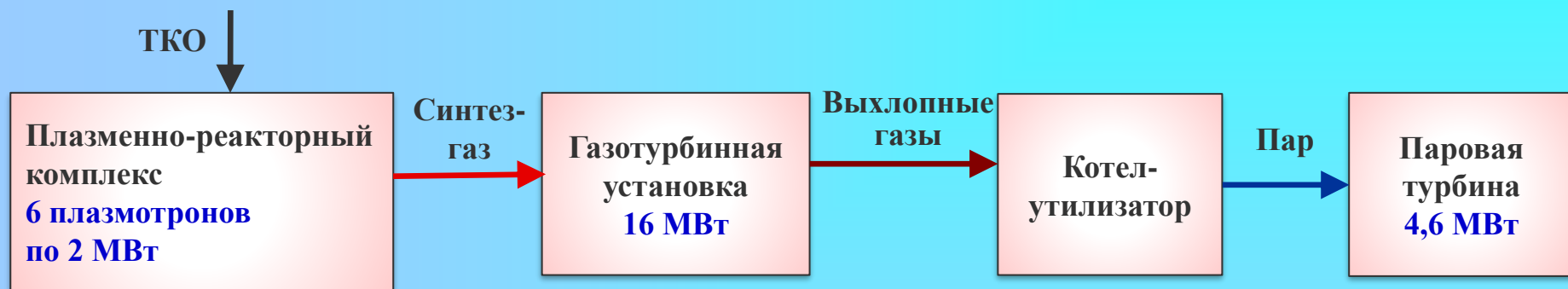
КПД общий – 22,5%

Цена: 2 900 000 руб.

Твердые коммунальные отходы (ТКО)

Плазменная переработка ТКО с использованием ГТУ

Комплекс **плазменной** переработки ТКО с газовыми турбинами 16 МВт на 127 000 тонн ТКО в год



Технология плазменной газификации ТКО и других органических отходов с получением синтез-газа и инертного шлака

Проект №3 **КНТП** «Комплексные системы обращения с коммунальными и промышленными отходами»

Исполнители:

1. АО «ОДК-Авиадвигатель» (Пермь).
2. Институты и предприятия Новосибирска.

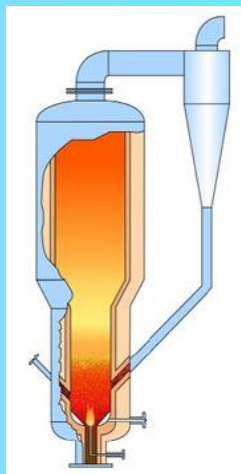
Биосинтез газ

Энергетические установки
распределенной генерации:

Котельные, ГПУ, ДЭС,
двигатели Стирлинга и др.



Растительная биомасса.
Отходы лесной
промышленности.



Газификация.
Получение
синтез газа.



Синтез
жидкого
биотоплива.



Цель проекта: создание высокопроизводительной технологии получения биосинтез газа и синтетического жидкого биотоплива энергетического и технологического назначения из растительной биомассы и отходов лесопромышленного комплекса.

Конечный продукт: биосинтез газ; синтетическое жидкое биотопливо.

Назначение: топливо для энергетических установок распределенной генерации; сырье для химической индустрии, металлургии.

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

Петротермальная энергетика

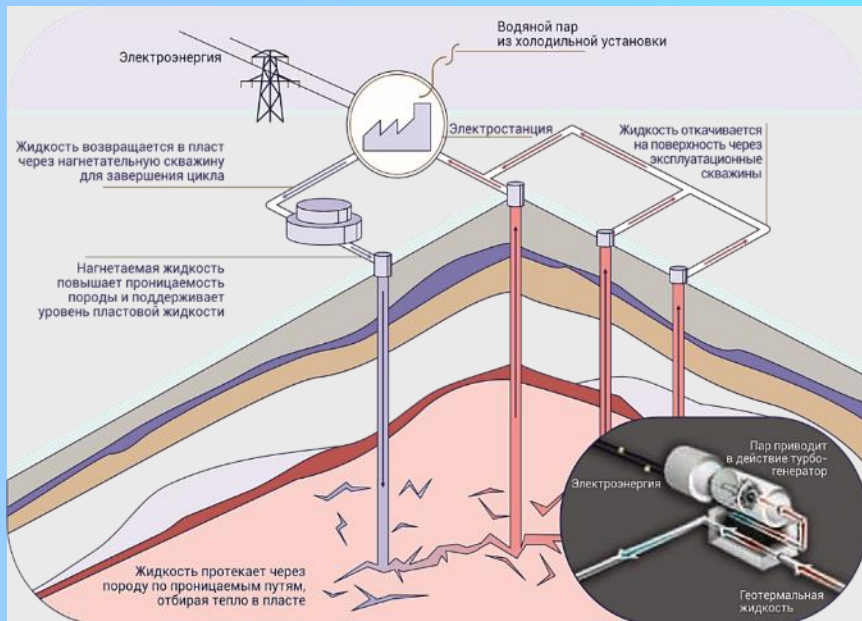


Схема утилизации глубинного тепла.
Глубина до **10 км**, температура до **350°C**.

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**.

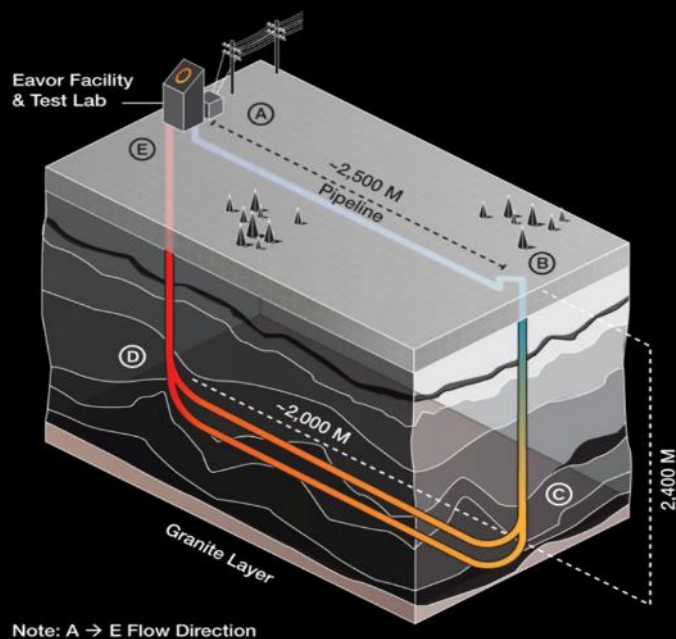
28 млн. геотермальных **тепловых насосов!**

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

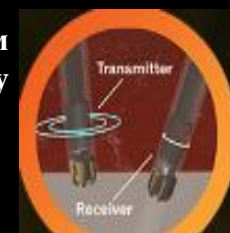
Технология Eavor-Loop™

«Eavor»,
Канада

В основе технологии - соединение двух вертикальных скважин со многими **горизонтальными** многосторонними стволами скважин, создающими замкнутую герметичную **радиатороподобную** систему. Используется запатентованная **рабочая жидкость Eavor**. Есть рабочий прототип в провинции Альберта (Канада) с глубиной **2,4 км** и **2 км** по горизонтали. Он был построен и запущен в **2019**. Вода в нем циркулирует уже **больше года** без применения насоса – реализуется принцип **термосифона**. По оценке себестоимость **5 центов/кВт*ч**.



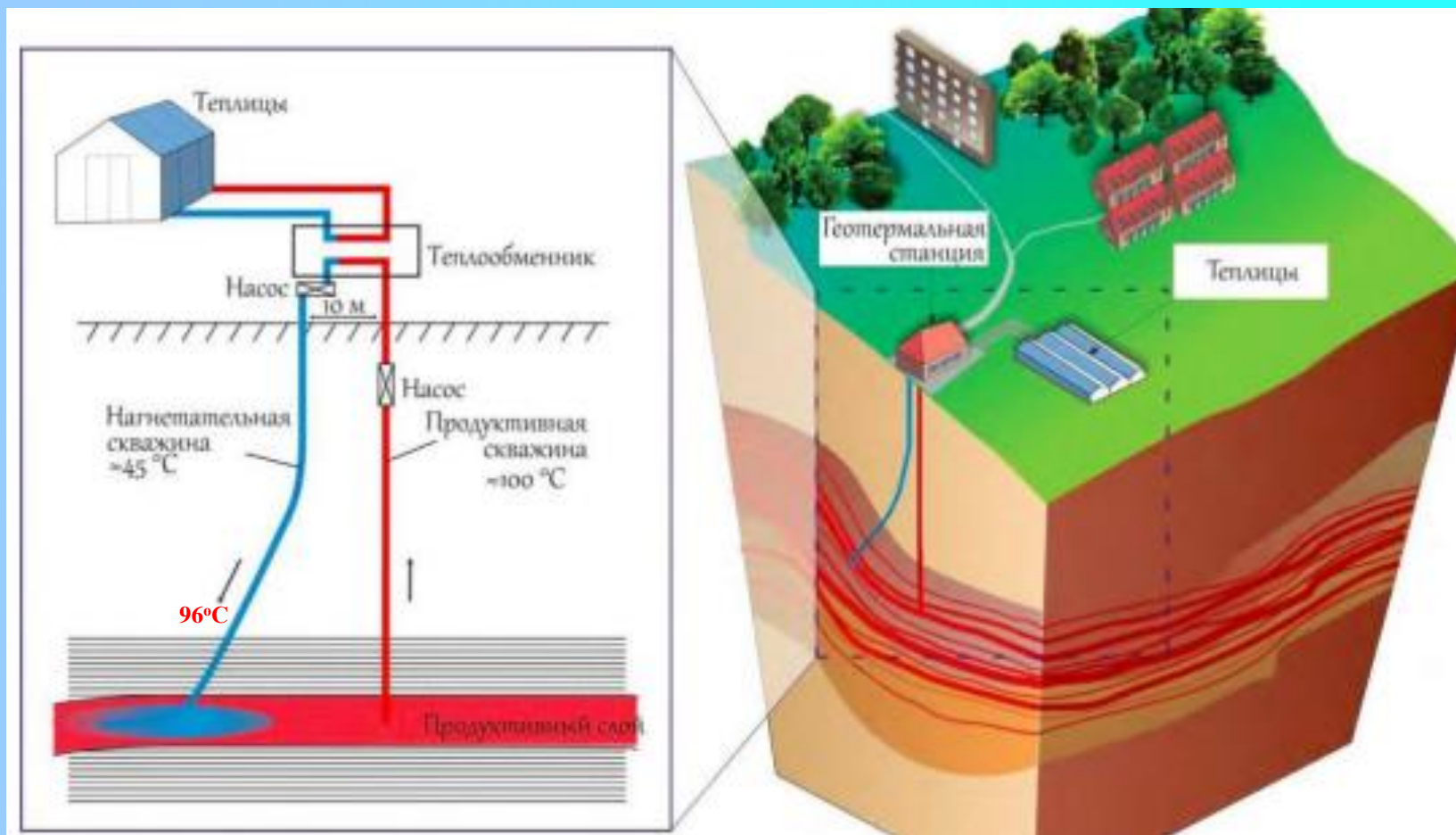
Контроль прохождения методом
Magnetic Ranging Technology



horizontal wells, which were then sealed
with our patented Rock-Pipe™ technology.

Технология горизонтального бурения

Ханкальская опытно-промышленная геотермальная станция



Гидротермальная циркуляционная система с продуктивным слоем на глубине более 900 м. Реализована на Ханкальской опытно-промышленной геотермальной станции (первая в России станция «дублетного» типа). В планах КНТП - разработка технологии получения электроэнергии с использованием бинарной схемы. Исполнитель: ГГНТУ им. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный.

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. Планы: о. Итуруп – 15 МВт



Машинный зал Мутновской ГеоЭС

Мутновская ГеоЭС (2022)



Россия обладает огромными запасами геотермального тепла, энергия которого потенциально в 8 - 12 раз превышает потенциал всех их углеводородных видов топлива.

При оптимальном развитии эти геотермальные ресурсы могли бы радикально изменить энергетический баланс страны.

G. Hutterer (2020)

Бинарная ГеоЭС

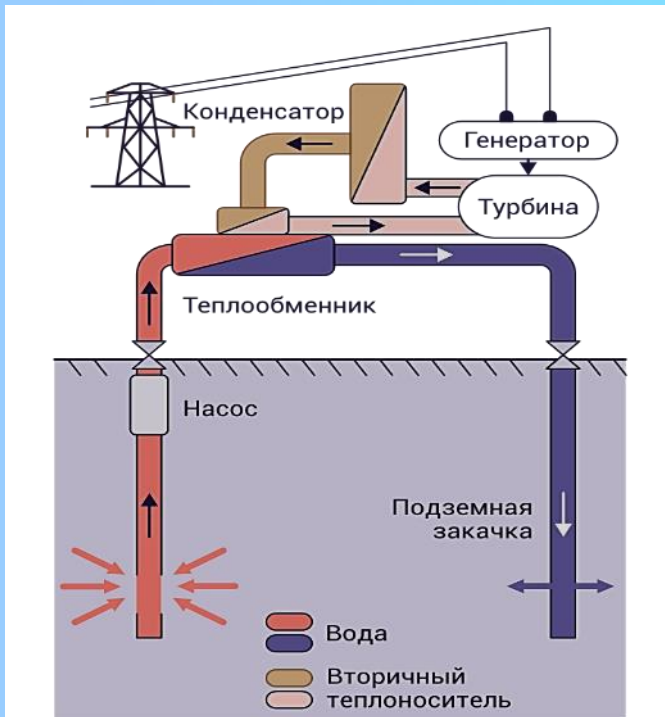


Схема Бинарной ГеоЭС на органическом цикле Ренкина (ОЦР)

Паратунская ГеоЭС (1967 - 1974)

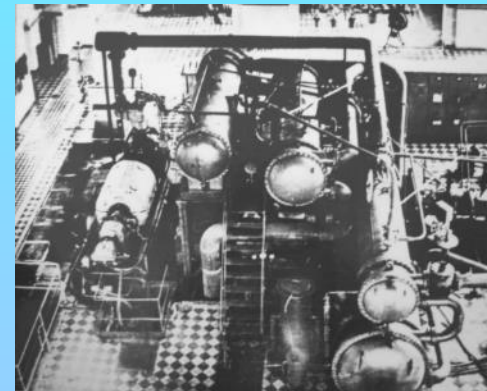
Разработчик *ИТФ СО АН СССР*

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**, $t_{\text{вода}} = 80^\circ\text{C}$.



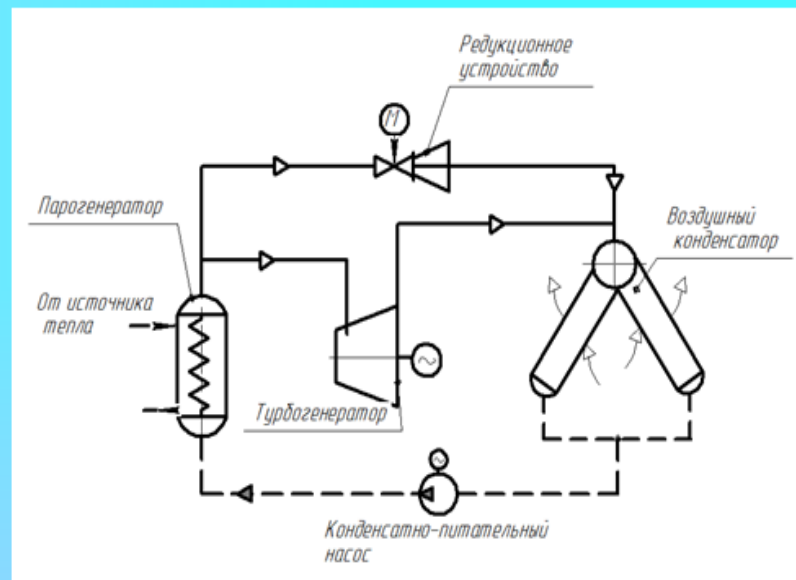
ОЦР эффективен при $t \leq 400^\circ\text{C}$ и мощности **1 кВт ÷ 10 МВт**. В мире в эксплуатации **600 ТЭС** на **ОЦР** общей мощностью **2 ГВт**. Назначение: **ВИЭ, тепловые выбросы**. **В России нет!**

Утилизационные тепловые энергокомплексы на базе органического цикла Ренкина (ОЦР)

Серийное производство **блочно-модульных утилизационных тепловых энергокомплексов (УТЭК)** электрической мощностью **0,5 - 8 МВт** для производства электроэнергии в органическом цикле Ренкина (ОЦР) с использованием геотермальных источников тепловой энергии, а также при утилизации тепловой энергии от уходящих газов **тепловых двигателей**, теплогенераторов на **биотопливе**, установок термического обезвреживания твердых коммунальных **отходов**, системы **охлаждения** технологического оборудования. Диапазон температур: **100°C** до **300°C**.

*ЗАО НПВП «Турбокон»,
Калужский турбинный завод*

Принципиальная тепловая схема УТЭК



Паровая винтовая машина (ПВМ)



ПВМ может работать на **паре** любой **влажности**, в то время как минимальная степень «сухости» пара на выходе лопаточных турбин составляет 88 % (влажный пар вызывает эрозию лопаток).

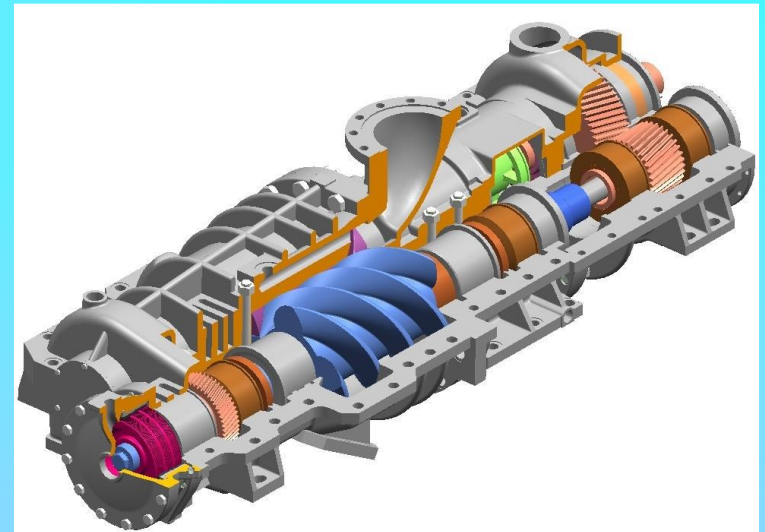
ПВМ, как паровой двигатель, в диапазоне мощности **250 – 1 000 кВт** обладает значительными техническими **преимуществами** перед паровой турбиной по эффективности, габаритам, стоимости, надежности и безопасности.

Применение ПВМ позволяет использовать потенциал малodeбитных **геотермальных** скважин, а также переводить отопительные котельные ЖКХ и котельные предприятий в режим мини-ТЭЦ.

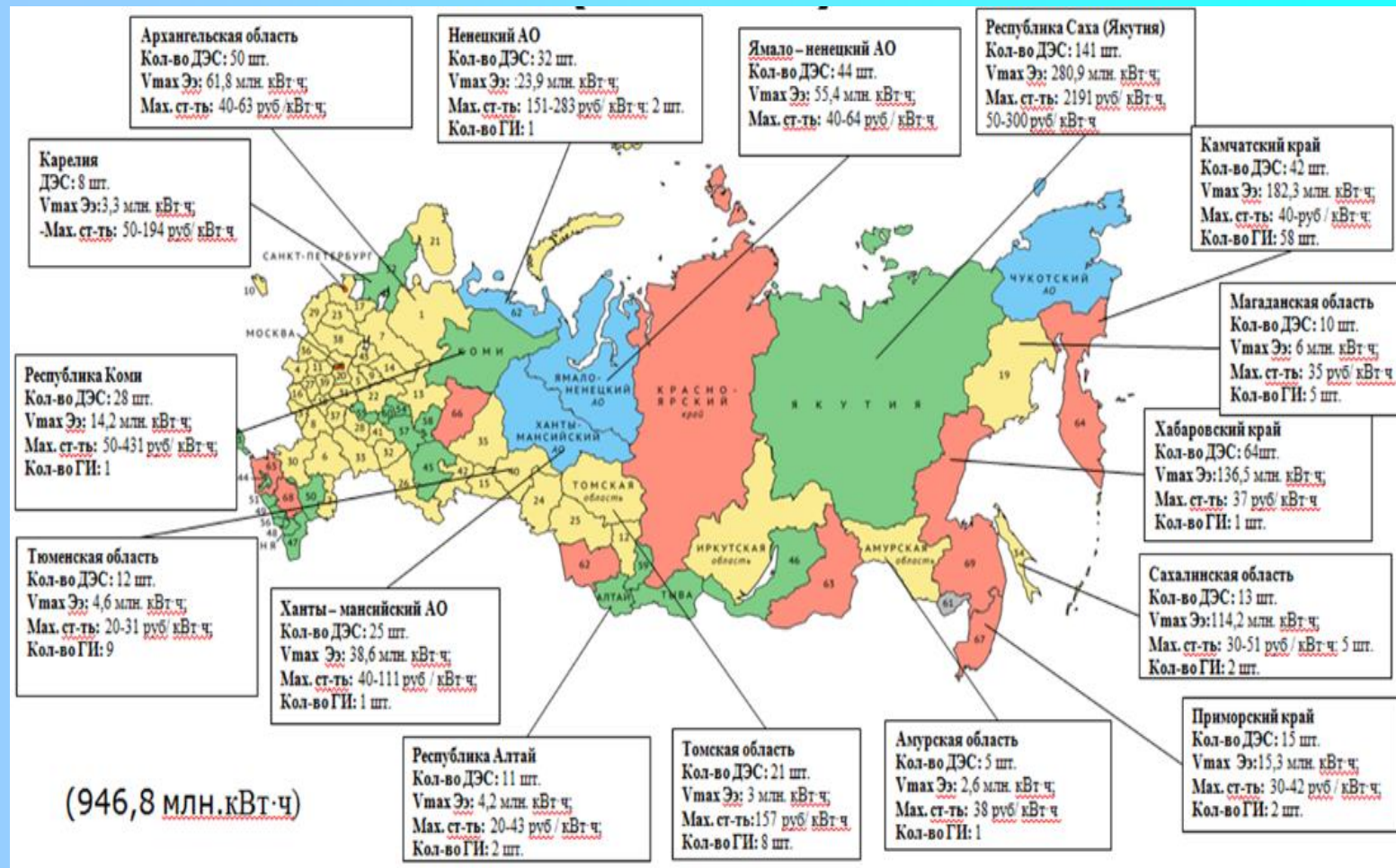
Удельный расход топлива на выработанную электроэнергию составил **135 г.у.т./кВт час**.

На примере Московской котельной показано, что себестоимость выработки **1 кВт*ч** электроэнергии составляет **0,97 руб.**

В планах - разработка ПВМ на базе ОЦР циклов (**органического цикла Ренкина**).



Потенциальная электрическая нагрузка малых ГеоЭС



В России **520** дизельных установок (ДЭС) расположены на территориях, где температура воды из геотермальных источников превышает **70°C**. Их выработка **946 млн. кВт·ч** электроэнергии с себестоимостью от **50** до **200 руб/кВт·ч** при отпускном тарифе для населения **2,5 руб/кВт·ч**.

Оплата разницы идет за счет **бюджета**.

30% выработки такой э/э приходится на Р. Саха (Якутия), где себестоимость превышает **2 000 руб/кВт·ч**.

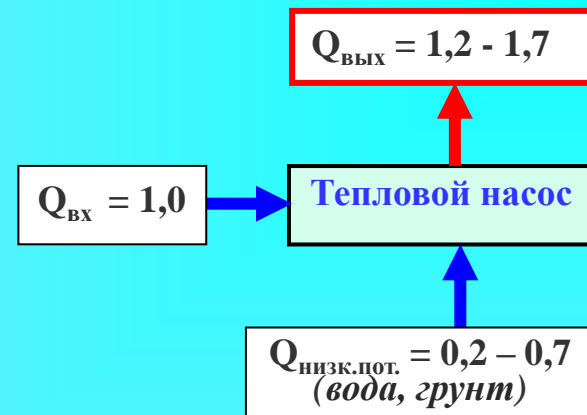
Можно часть затрат восполнить за счет использования геотермальной энергии (*ТПУ, г. Томск*).

Геотермальное теплоснабжение

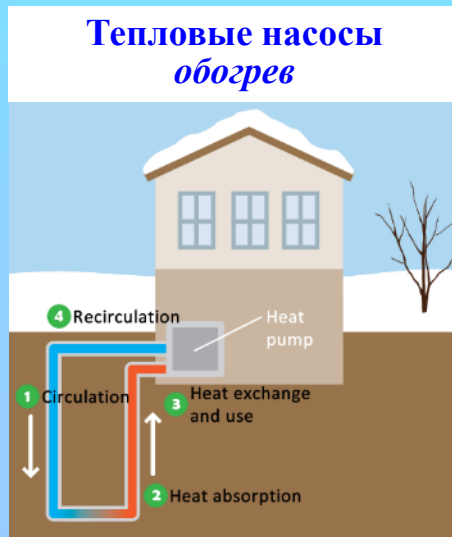
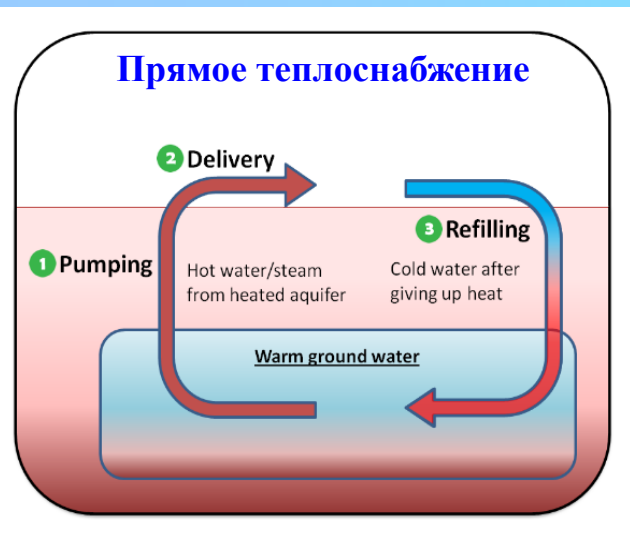
Геотермальное тепло (включая тепло **грунта**, а также незамерзающих **рек** и **водоемов**) широко используется в системах **теплоснабжения** как **напрямую**, так и с помощью **тепловых насосов**. В 2015 году установленная мощность геотермального теплоснабжения в мире составила **70,3 ГВт** (из них на долю геотермальных тепловых насосов приходится 50 ГВт, а на прямое отопление - 7,5 ГВт).

В числе лидирующих стран: **Китай** (установленная мощность 17,9 ГВт), **США** (17,4), **Швеция** (5,6). В **Исландии** геотермальным теплом отапливается более **90%** зданий, а в **Швеции** **20%** зданий отапливается геотермальными **тепловыми насосами**.

Наибольшее число **тепловых насосов** установлено в **США**: 2 млн. в 2020 (**28 млн.** – в планах к 2050 г.).



Теплонасосная установка **7 МВт**, состоящая из двух **абсорбционных бромистолитиевых тепловых насосов АБТН-600Т** с **газовой топкой**. Тепличный комплекс в Краснодарском крае. **ИТ СО РАН, «Теплосибмаш».**



Тепловые насосы для теплоснабжения

Теплоснабжение на озере Байкал



Байкальский музей в селе Листвянка Иркутской области.

В России есть пример **успешного** применения **тепловых насосов** для **теплоснабжения**.

Тепловые насосы, разработанные в *Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН*, с 2010 года обеспечивают круглогодичное отопление зданий **Байкальского музея** в поселке Листвянка Иркутской области за счет тепла байкальской воды.

Елистратов С.Л.



Паровой компрессионный **тепловой насос** для работы на воде с **низкой температурой** ($\geq 2^{\circ}\text{C}$). Рабочая жидкость: **R134a**.

Тепловые насосы для теплоснабжения

Проект теплоснабжения г. Дивногорска

Теплоснабжение города Дивногорска с момента его образования в 1956 году при строительстве Красноярской ГЭС осуществляется с использованием электродкотлов.

Выработка тепла таким способом обходится очень дорого (в 4,3 раза дороже по сравнению со средним тарифом на теплоснабжение). Использование тепловых насосов позволит сократить размер субсидий до 30%.

Себестоимость э/э на электродкотлах 8 000 руб/кВт*час
Тариф для населения 2 227 руб/кВт*час.



Этап 1. Создание теплонасосных установок (ТНУ) мощностью 10 МВт с использованием низкопотенциального (2...20°C) тепла незамерзающей реки Енисей для нагрева подпиточной воды электродкотлов от 5 до 65°C (рабочая жидкость: R134a). *Принято решение.*

Этап 2. Создание 5 МВт ТНУ для нагрева воды до 85 °С для производства тепловой энергии (возможное рабочее тело: озонобезопасные смеси). *Планы.*

Этап 3. Создание 10 МВт ТНУ, использующих тепло окружающего воздуха для теплоснабжения в весенне-осенний период вдали от реки (рабочее тело: CO₂). Такие тепловые насосы с тепловой мощностью до 80 кВт в настоящее время производятся в Японии и по лицензии в Китае. *Планы.*



Накопители энергии

Топливные элементы

Компактные топливные элементы на боргидридах



Первое в мире промышленное производство топливного элемента.
Произв-сть: **1,5 млн.** ед./месяц.
Компания: *Medis Technologies Ltd.*
Производство: Завод в Ирландии.

Компактные алюминиевые топливные элементы



Мощность **100 Вт.** Время работы 12 часов. Энергоемкость **1 200 Вт ч.**
Удельная энергоемкость **300 Вт ч/кг.**
Варианты для **Арктики.**
Институт теплофизики СО РАН.

	Боргидриды	КТЭ на алюминии	Li-аккумуляторы
Напряжение, В	0,7	1,2 ÷ 1,3	3,6
Удельная энергия, Вт·ч/кг	110	200 ÷ 300	150
Наличие драг. металлов	есть	нет	-

Топливные элементы

Стационарный топливный элемент GenCell



1. Топливный элемент на **водороде**:

Цена 40 000\$ не считая доставки.

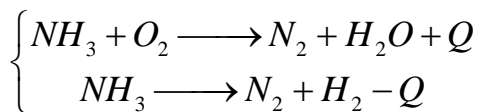
1 стандартный баллон водорода - 3 часа работы, 4 кВт.

Электролит: раствор КОН

Диапазон температур: -40°C ...+45°C

2. Топливный элемент на **аммиаке**: 75% H₂ + 25% N₂

3 кг аммиака → 5 кВт час.

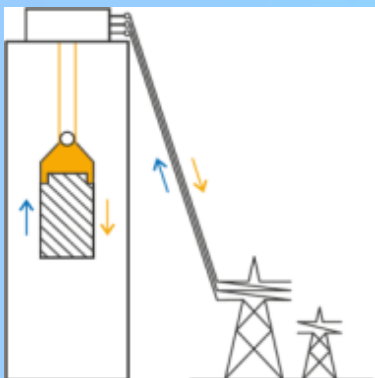


	Цена (за тонну)	Температура замерзания	Плотность (кг/м ³)
Дизельное топливо	38 000	-50 (арктическое)	840
Жидкий аммиак	19 500	-70	610



*Компания GenCell (Израиль)
Партнер: ИТ СО РАН*

Твёрдотельная аккумулирующая ЭС (ТАЭС)



Прототип ТАЭС:
Мощность 10 кВт.
Емкость 0,8 кВтч.
Высота 20 м.
(Новосибирск)

 **Энергозапас**

Проект промышленной ТАЭС: Высота 300 м.
Мощность 50 МВт - 10 ГВт. Емкость 4 - 10 час.
Сооружение здания и монтаж оборудования осуществляются роботами без участия человека.

Швейцарская компания Energy Vault строит два гравитационных аккумулятора: в США (высота 140 м) и в Китае (120 м).



Научный руководитель А.А. Брызгалов



Прочие технологии

Индукционный электронагреватель "ЭДИСОН"

Электронагреватель «Эдисон» обеспечивает надежное отопление как жилых, так и промышленных помещений, объектов с повышенными требованиями к безопасности и экологичности, **вахтовых поселков**.

Индукционный нагреватель «Эдисон» поставляется с современной системой управления (СКАРТ), что обеспечивает оптимальную работу без дополнительных затрат на протяжении всего срока эксплуатации.

Основные характеристики серийного оборудования: КПД **98%**, $\cos \varphi = 0,98$, частота 50 Гц, надёжность 99,6%, электробезопасность 2 класс.

Мощности – от **4,7 кВт** до **5 МВт** в единице изделия, каскадные электродогревательные до **250 МВт**;

Напряжение электронагревателей – 0,4; 0,66 кВ, а также 6/10 кВ.

*Закрытое акционерное общество
«Завод Сибирского Технологического
Машиностроения», Новосибирск*



1. Подающий трубопровод
2. Обратный трубопровод
3. Датчик защиты от перегрева
4. Датчик «сухого хода»
5. Шкаф управления с автоматикой
6. Датчик температуры теплоносителя



Фумаролы вулкана Эбеко (о. Парамушир)

Спасибо за внимание!