

**НАТАЛЬЯ ЛЫКОВА**

Заместитель Вице-президента по альтернативной энергетике, начальник ИТЦ АО «Нововет-Пермь», к.т.н.

**СЕРГЕЙ СТОЛБОВ**

Заместитель директора ДИР АО «Нововет-Пермь»

ПОДНИМАЯ ЭНЕРГИЮ ЗЕМЛИ

Геотермальная энергетика от АО «Нововет-Пермь»

Направление энергетики, основанное на использовании тепловой энергии недр Земли для производства электрической энергии на геотермальных электростанциях, непосредственно для отопления или горячего водоснабжения – называется геотермальной энергетикой и относится к альтернативным источникам энергии, использующим возобновляемые энергетические ресурсы.

Запасы тепла Земли практически неисчерпаемы. При остывании ядра на 1°C выделяется $2 \cdot 10^{20}$ кВтч энергии, что в 10000 раз больше, чем содержится во всем разведанном ископаемом топливе, и в миллионы раз больше годового энергопотребления человечества. При этом температура ядра превышает 6000°C, а скорость остывания оценивается в 300-500°C за миллиард лет. На рис. 1 представлено распределение температуры от центра Земли к ее поверхности.

Тепловой поток, текущий из недр Земли через её поверхность, составляет 47 ± 2 ТВт тепла (400 тыс. ТВт*ч в год, что в 17 раз больше всей мировой выработки, и эквивалентно сжиганию 46 млрд тонн угля), а тепловая мощность, вырабатываемая Землей за счет радиоактивного распада урана, тория и калия-40 оценивается в 33 ± 2028 ТВт, т.е. до 70% теплотеря Земли восполняется. Использование даже 1% этой мощности эквивалентно нескольким сотням мощных электростанций. Однако плотность теплового потока при этом составляет менее 0,1 Вт/м² (в тысячи и десятки тысяч раз меньше плотности солнечного излучения), что затрудняет её использование.

Доступ к подземной энергии

В вулканических районах циркулирующая вода перегревается выше температуры кипения на относительно небольших глубинах и по трещинам поднимается к поверхности, иногда проявляя себя в виде гейзеров. Доступ к подземным тёплым водам возможен при помощи глубинного бурения скважин.

Для генерации электроэнергии целесообразно использовать геотермальную воду температурой от 150°C и выше. Известно, что для отопления и горячего водоснабжения требуется температура не ниже 50°C. Температура Земли растёт с глубиной довольно медленно, обычно геотермический градиент составляет всего 30°C на 1 км, т.е. даже для горячего водоснабжения потребуется скважина глубиной более километра, а для генерации электроэнергии – несколько километров. Поэтому практически все крупные ГеоЭС расположены в местах повышенного вулканизма, т.е. где геотермальные воды находятся близко к поверхности.

На данный момент освоением геотермальной энергии активно занимаются: США, Турция, Исландия, Новая Зеландия, Филиппины, Италия, Сальвадор, Венгрия, Япония, Россия, Мексика, Кения и другие страны, где тепло из недр планеты поднимается к поверхности в форме пара и горячей воды, вырывающихся наружу при температурах, достигающих 300°C (рис. 2).

Тепловая энергия Земли в виде горячей воды или пара доставляется на поверхность, где используется либо напрямую, например, для отопления домов, либо для генерации электрической энергии. Как было сказано выше, до тепловой энергии Земли, как правило, добиваются путём бурения скважин, а подъем горячей жидкости осуществляется посредством погружных насосов.

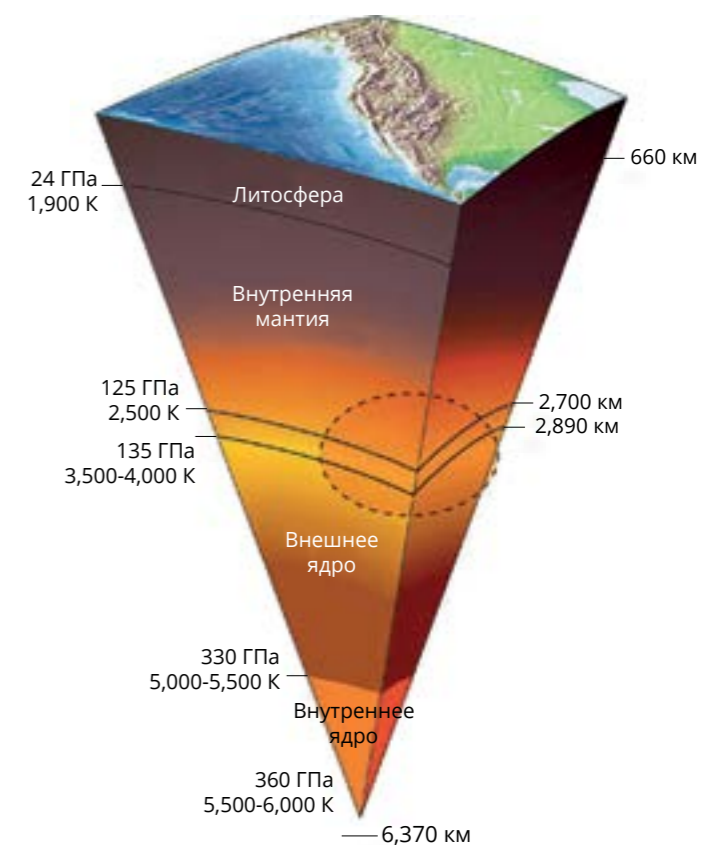


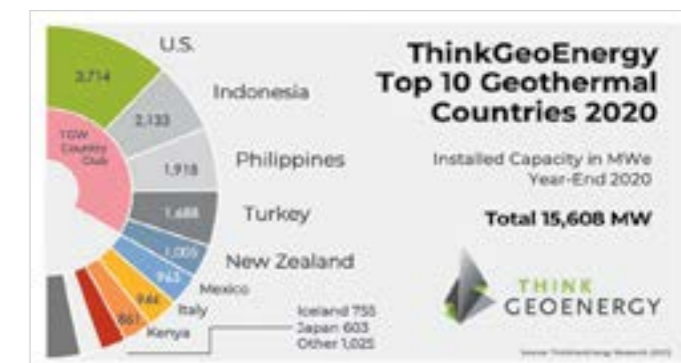
Рис. 1

Принципы работы геотермальных электростанций

В настоящее время существует три схемы производства электроэнергии с использованием гидротермальных ресурсов:

- прямая с использованием сухого пара,
- непрямая с использованием водяного пара,
- смешанная схема производства (бинарный цикл).

Рис. 2. Страны, использующие геотермальное оборудование



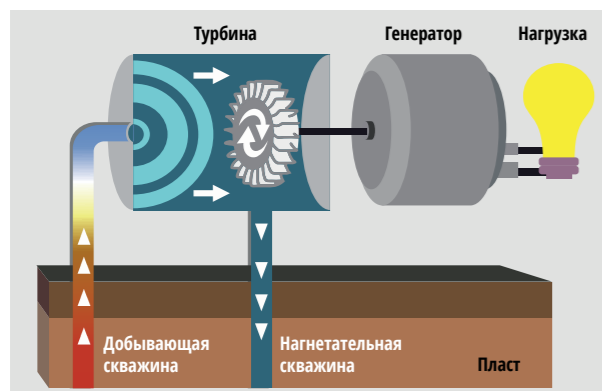


Рис. 3. Геотермальная электростанция, работающая на сухом пару

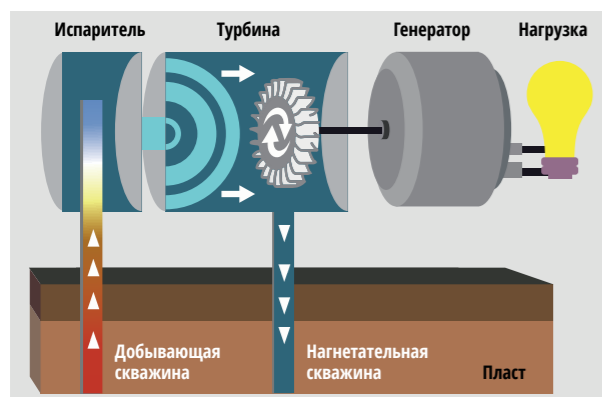


Рис. 4. Геотермальная электростанция с непрямым типом производства энергии

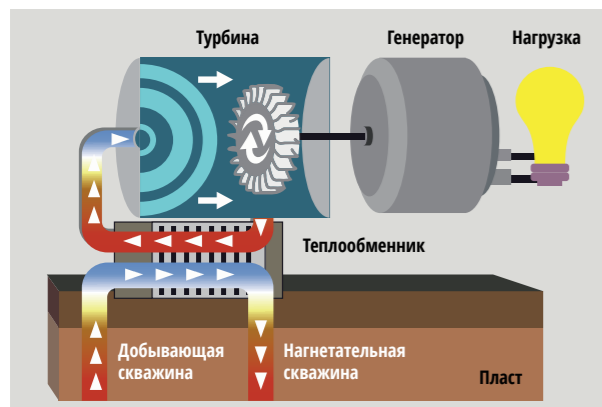


Рис. 5. Геотермальная электростанция с бинарным циклом



Рис. 6.

Тип преобразования зависит от состояния среды (пар или вода) и ее температуры. Первыми были освоены электростанции на сухом пару. Для производства электроэнергии на них пар, поступающий из скважины, пропускается непосредственно через турбину/генератор.

Электростанции с непрямым типом производства электроэнергии на сегодняшний день являются самыми распространёнными. Они используют горячую подземную воду (температурой до 182°C), которая закачивается при высоком давлении в генераторные установки на поверхности.

Геотермальные электростанции со смешанной схемой производства отличаются от двух предыдущих типов тем, что пар и вода никогда не вступают в непосредственный контакт с турбиной/генератором.

Геотермальные электростанции, работающие на сухом пару

Паровые электростанции работают преимущественно на гидротермальном пару (рис. 3). Пар поступает непосредственно в турбину, которая питает генератор, производящий электроэнергию. Использование пара позволяет отказаться от сжигания ископаемого топлива (также отпадает необходимость в его транспортировке и хранении). Это старейшие геотермальные электростанции, первая из них была построена в Лардерелло (Италия) в 1904 году, она действует и в настоящее время. Паровая технология используется на электростанции «Гейзерс» в Северной Калифорнии – это самая крупная геотермальная электростанция в мире.

Геотермальные электростанции на парогидротермах

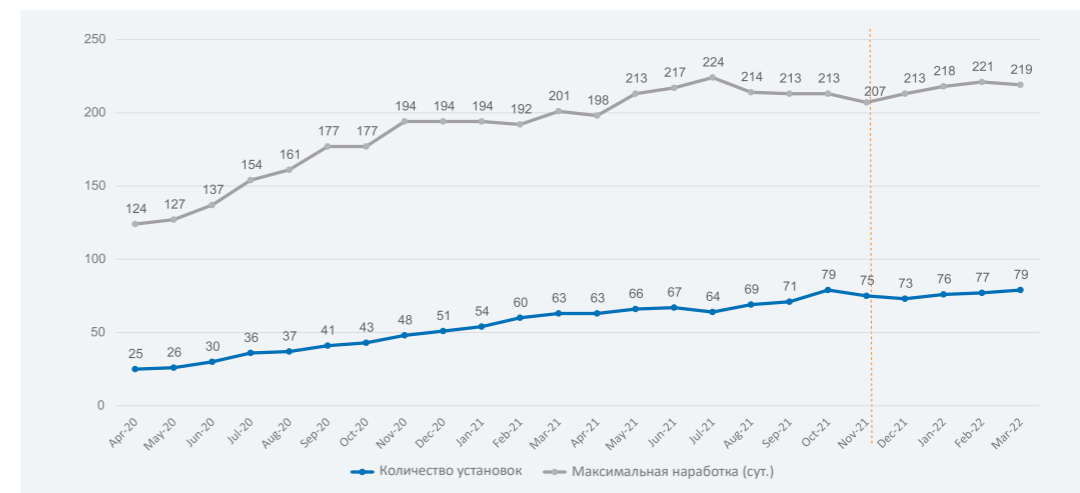
Для производства электричества на таких заводах используются перегретые гидротермы (температура выше 182°C). Гидротермальный раствор нагнетается в испаритель для снижения давления, из-за этого часть раствора очень быстро выпаривается (рис. 5). Полученный пар приводит в действие турбину. Если в резервуаре остается жидкость, то ее можно выпарить в следующем испарителе для получения еще большей мощности.

Геотермальные электростанции с бинарным циклом производства электроэнергии

Большинство геотермальных районов содержат воду умеренных температур (ниже 200°C). На электростанциях с бинарным циклом производства эта вода используется для получения энергии. Горячая геотермальная вода и вторая, дополнительная жидкость с более низкой точкой кипения, чем у воды, пропускаются через теплообменник (рис. 5). Тепло геотермальной воды выпаривает вторую жидкость, пары которой приводят в действие турбины. Так как это замкнутая система, выбросы в атмосферу практически отсутствуют. Воды умеренной температуры являются наиболее распространённым геотермальным ресурсом, поэтому большинство геотермальных электростанций будущего будут работать на этом принципе. Как выглядит такая электростанция в реальности, показано на рисунке 6.

Новомет в геотермальных проектах

Компания Новомет освоила линейку установок для подъема жидкости из геотермальных источников. В период 2018-2021 годов было введено в эксплуатацию 88 скважин, получен многогранный опыт по работе в диапазоне пластовых температур от 145 до 200 градусов.



Результаты внедрения геотермального проекта

Для компании это одно из приоритетных направлений бизнеса. Наши установки работают в составе Геотермальных Электростанций (ГеоЭС), несущих энергию Земли конечному потребителю.

Пилотной площадкой для освоения геотермального проекта стала Турция.

Трудности при внедрении

Конечно, не все идет гладко. Так и подбает новому проекту, особенно – высокой сложности, где с некоторыми проблемами приходится сталкиваться впервые, а ранее зарекомендовавшие себя технические решения отказываются работать. Всплывают новые проблемы, которые преодолеваются специалистами Компании.

Основная причина отказа – снижение изоляции (R-0). Однако корневой причиной далеко не всегда является отказавший узел. Например, недостаточно надежная работа гидрозатвора или насоса может привести к откату двигателя. Как известно, всегда в цепочке рвется слабое звено. Разбор отказавших установок, тщательный анализ с выявлением основных причин, а также анализ рисков по полученным вновь сведениям дают ценную информацию и пищу для размышлений для повышения надежности оборудования.

Каждый случай тщательно разбирается специалистами Компании, принимаются необходимые мероприятия по устранению причин отказов. Как результат – заметный рост наработок. Если первые наработки были несколько дней или недель, то сегодня 30 установок отработали по году, 19 из них находятся в работе. А главная «долгожительница» 20 мая 2022 г. отметила юбилей – ее наработка достигла 1000 суток, что было отмечено специальным призом от энергетической компании Bestepeler, заказчика геотермального

оборудования АО «Новомет-Пермь» (см. фото). В настоящее время установка находится в работе.

В 2020 году внедрены 2 установки в Исландии, обе находятся в работе. Продолжаются внедрения в Турции, на конец 2021 года там 86 действующих скважин.

Также в конце 2021 года смонтирована первая установка на месторождении в Дании. Выигран тендер на поставку 5 установок в Голландию. В перспективе – поставки 5-ти установок в Германию.

В планах – зайти на рынок Юго-восточной Азии (Филиппины, Индонезия, Тайвань).

Как видим, сегодня «геотермальная тема» – одна из основных в бизнесе компании.

На фото (слева направо): Артур Набиев, NLS, руководитель полевых работ; Александр Ефимовских, NLS – инженер проекта; Synan Akbay, Генеральный менеджер компании Bestepeler

