

8. Официальный сайт ГК «РосБизнесКонсалтинг». Откуда берет средства «зеленая» энергетика. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5d64f35a9a794733f3ce7791a>
9. Интернет ресурс «Our Future World». Режим доступа: <https://ourfinite-world.com/2019/10/24/how-renewable-energy-models-can-produce-misleading-indications/comment-page-9/#comments>
10. Интернет портал VC.RU. Режим доступа: <https://vc.ru/future/90256-sem-neudobnyh-faktov-o-zelenoy-energetike-o-kotoryh-molchat-smi>

Научный руководитель: В.А. Мунц, д.т.н., зав. кафедрой Теплоэнергетики и теплотехники УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.

ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

А.М. Абдукаримова¹, Д.Э. Старовойтов¹, А.А. Кирякин¹, Н.М. Космынина²
Томский политехнический университет^{1,2}
ИШЭ, ОЭЭ^{1,2}, группа 5А93¹

Геотермальная электростанция — это особый тип электростанции, которая преобразует внутреннее тепло Земли в электрическую энергию. В настоящее время, геотермальная энергия является наименее используемой во всем мире. Однако ожидается, что подобное положение вещей в самом скором времени изменится. Нарастающий дефицит органических видов топлива, постоянное увеличение стоимости нефти, и, как следствие, продуктов её переработки, заставляют современный мир обращать все большее внимание на альтернативные источники энергии. [1]

В настоящее время мировыми лидерами в получении энергии из земных недр являются Соединенные Штаты Америки, Филиппины, Мексика, Индонезия, Италия, Япония, Новая Зеландия и Исландия. Но и Россия не стоит в стороне. Мутновская геотермальная электростанция на Камчатке – один из ярких примеров преобразования глубинного тепла Земли в электрическую энергию в России. [2]

Геотермальная энергетика – самая перспективная отрасль энергетики, особенно это касается России. Согласно прогнозам специалистов, объемы энергии тепла Земли, сконцентрированная под толщей земной коры в 10 км, в 50 тысяч раз превышают объемы энергии всех мировых запасов углеводородов – нефти и природного газа. [2]

По разным оценкам, ресурсы углеводородных газов в подземных водах Западной Сибири, в том числе и термальных, составляют до 1 тыс. трлн кубометров, а наиболее крупные запасы находятся в арктических районах на глубине 1-4,5 км. Термальные воды содержат в себе не только огромные запасы тепла, но и редкие химические элементы. [3]

Компания Rystad Energy опубликовала прогноз её развития на период до 2025 года. [4]

Авторы отмечают, что энергетический переход стимулирует диверсификацию энергетических, в том числе нефтегазовых компаний, что способствует расширению и геотермального сегмента. [4]

Анализ Rystad показывает, глобальные мощности геотермальных электростанций вырастут с 16 гигаватт (ГВт) в конце 2020 года до 24 ГВт в 2025 году, что потребует 25 миллиардов долларов инвестиций в следующие пять лет. [4]

Геотермальные источники [2]

Электростанции такого плана, как правило, возводятся в вулканических районах той или иной страны. При соприкосновении лавы вулканов с водными ресурсами происходит интенсивный нагрев воды, в результате чего в местах разлома тектонических плит, где земная кора наиболее тонка, горячая вода вырывается на поверхность земли в виде гейзеров, образуя горячие геотермальные озера или подводные течения.

Благодаря таким природным явлениям появилась возможность использования их свойств в качестве альтернативного, можно даже сказать, неисчерпаемого источника энергии. К сожалению, такие геотермальные источники распределены по поверхности земного шара неравномерно. Так на сегодняшний день они обнаружены и используются почти в 60-и странах, в основном, в районе Тихоокеанского вулканического кольца, а также в районе Дальнего Востока России.

Кроме открытых источников, добраться до подземной энергии возможно с помощью бурения скважин, причем через каждые 36 метров температура повышается на один градус. Получаемое таким способом тепло в виде горячей воды или пара можно использовать как для производства электрической энергии, для обогрева помещений, а также для производственных нужд, что актуально для России с холодными зимами.

Согласно типологии Международного энергетического агентства (МЭА), различают 5 типов источников геотермальной энергии: [5]

- сухой пар;
- влажный пар (горячая вода + пар);
- геотермальные воды (горячая вода или пар + вода);
- сухие горячие каменные породы, разогретые магмой;
- магма.

Существует три метода преобразования геотермальной энергии в электричество (рис. 1). И обусловлено это двумя факторами: состоянием среды (вода или пар) и температурой породы.

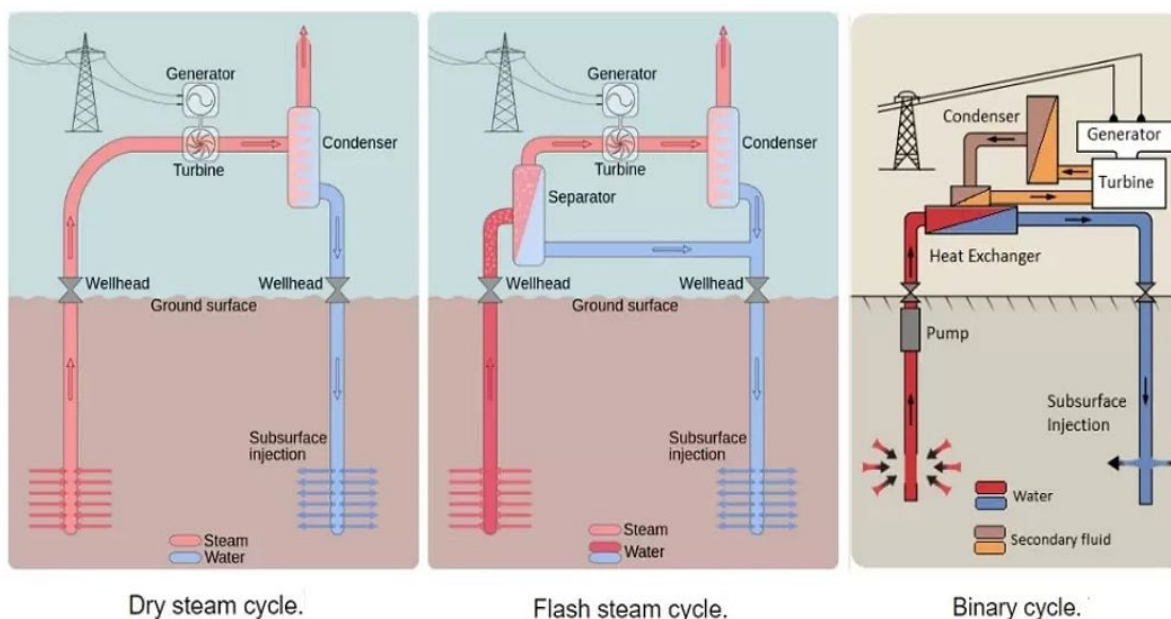


Рис. 1. методы преобразования геотермальной [5]

Упрощенная схема гидротермальной электростанции прямого цикла будет понятна даже ребенку: из земли по трубе поднимается горячий пар, который раскручивает турбину генератора, а после устремляется в атмосферу. Всё действительно так просто, если нам повезло найти подходящий источник пара. [6]

Непрямой метод – использование водяного пара. При этом температура воды должна быть выше $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, чтобы под собственным давлением течь вверх через скважину. Хотя это более низкая температура, чем у сухих паровых установок. Когда давление уменьшается, часть воды «вспыхивает» в виде пара, который проходит через секцию турбины. Оставшаяся вода, которая не стала паром, возвращается обратно в скважину и может также использоваться для отопления. Стоимость этих систем увеличивается из-за более сложных механизмов, однако они все еще могут конкурировать с обычными источниками питания. [5]

Смешанный, или же бинарный метод – использование геотермальных вод в сочетании со вспомогательной жидкостью, цикл которого был изобретен в СССР. В нём жидкость из скважины вообще не подается на турбину ни в каком виде. Вместо этого в теплообменнике она разогревает другую рабочую жидкость с меньшей температурой кипения, которая, превращаясь в пар, раскручивает турбину, конденсируется и вновь возвращается в теплообменную камеру. В роли таких рабочих жидкостей может выступать, например, фреон, один из видов которого (фтордихлорбромметан) кипит уже при $51,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Бинарный цикл можно сочетать с комбинированным, когда на одну турбину будет подаваться пар, а отделенная вода направится в другой контур для разогрева теплоносителя с низкой температурой кипения. [5],[6]

Недостатки ГеоТЭС [5]

Экологическая проблема. Ущербом для окружающей среды может стать высокое потребление пресной воды, что, в конечном результате, приведет к ее дефициту. Жидкости, которые извлекаются из земли в процессе бурения, содержат большое количество токсичных химических веществ (в том числе мышьяка и ртути), а также парниковых газов (таких как сероводород, диоксид углерода,

метан, аммиак и радон). Если они неправильно утилизируются или обрабатываются, то могут попасть в атмосферу или просочиться в грунтовые воды и нанести ущерб окружающей среде и здоровью людей.

Географические ограничения. Геотермальная активность наиболее высока вдоль тектонических линий разломов в земной коре. Именно в этих местах геотермальная энергия имеет самый большой потенциал. Недостаток в том, что немногие страны могут использовать геотермальные ресурсы.

Сейсмическая нестабильность. Есть основания полагать, что геотермальные сооружения вызывали подземные толчки в разных частях мира. Несмотря на то, что сейсмическая активность зачастую незначительна, она может привести к повреждению здания, травмам и смерти.

Дорогое строительство. ГеоТЭС требуют значительных инвестиций. Хотя они имеют низкие эксплуатационные расходы, стоимость их строительства может быть намного выше, чем угольных, нефтяных и газовых электростанций. Большая часть этих затрат касается разведки и бурения геотермальных энергетических ресурсов. Традиционные электростанции не требуют разведки или бурения. Еще ГеоТЭС требуют специально разработанных систем отопления и охлаждения, а также другого оборудования, способного выдерживать высокие температуры.

Возможное истощение. Исследования показывают, что без тщательного управления геотермальные резервуары могут истощиться. В таких случаях ГеоТЭС станут бесполезными, пока резервуар не восстановится. Единственный неистощимый вариант – это получение геотермальной энергии прямо из магмы, но данная технология все еще находится в процессе разработки. Этот вариант стоит вложений в основном благодаря тому, что магма будет существовать миллиарды лет.

Преимущества ГеоТЭС [7]

- Запасы геотермальной энергии велики, хотя и не бесконечны. Ее можно считать возобновляемым источником энергии — во всяком случае, при условии, что в нагнетательную скважину не закачивается слишком много воды за слишком короткое время.
- Геотермальная электростанция для работы не требует поставок топлива из внешних источников.
- Работа геотермальных электростанций не сопровождается вредными или токсичными выбросами (см., однако, третий недостаток геотермальных электростанций ниже).
- Помимо необходимого для первого старта насоса (или насосов) внешнего источника энергии, геотермальным электростанциям для дальнейшей работы внешняя энергия (топливо) не нужна. С началом работы геотермальной электростанции ее насосы можно запитывать электричеством, которое вырабатывается на самой станции.
- Эксплуатация геотермальной электростанции не требует дополнительных расходов, кроме расходов на профилактическое техобслуживание или ремонт.

- Геотермальные электростанции не портят пейзаж и не требуют значительного землеотвода.
- Обычная геотермальная электростанция, расположенная на берегу моря или океана, может применяться и для опреснения воды, которую затем можно использовать для питья или ирригации. Опреснение происходит естественным путем в результате дистилляции — разогрева воды и охлаждения водяного пара в процессе работы электростанции.

Подводя итог, выработка энергии за счет геотермальных электростанций имеет большие перспективы и будет активно развиваться ближайшие годы. В нашей работе мы кратко рассмотрели принцип работы геотермальных электростанций, их плюсы и минусы, а также обозрели нынешнюю, достаточно актуальную, ситуацию в мире относительно геотермальных источников.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Баскаков А. П. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / А. П. Баскаков, В. А. Мунц; Москва: Изд-во Бастет, 2013. – 368с.
2. Баратова О. Геотермальная энергетика в России URL: <https://yaaspirant.ru/spisok-literatury/kak-v-spiske-literatury-oformlyat-internet-istochniki> (Дата обращения 23.11.2021)
3. Наука ТАСС: [Новости] URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/4274378> (Дата обращения 23.11.2021)
4. Сидорович В. RenEN URL: <https://renen.ru/geotermalnaya-energetika-vyrastet-na-50-do-2025-goda/> (Дата обращения 23.11.2021)
5. Avenston Геотермальные электростанции: за и против URL: <https://avenston.com/ru/articles/geothermal-pp-pros-cons/> (Дата обращения 23.11.2021)
6. Toshiba Геотермальная энергетика: как тепло Земли превратили в эффективный энергоресурс URL: <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/442632/> (Дата обращения 23.11.2021)
7. Enersy.ru Преимущества и недостатки геотермальных электростанций URL: <http://www.enersy.ru/energiya/preimuschestva-i-nedostatki-geotermalnyh-elektrostantsiy.html> (Дата обращения 23.11.2021)

Научный руководитель: Н.М. Космынина, к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ.