

К.А. СЫЧЁВ, студент гр. ТЭб-151 (КузГТУ)  
А.В. КОРОБЕЙНИКОВ, студент гр. ТЭб-121 (КузГТУ)  
г. Кемерово

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛА КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Применение альтернативных возобновляемых источников энергии (ветровой, солнечной, геотермальной, морских приливов и т.д.) весьма актуально. Объясняется это тем, что, во-первых, производство энергии за счёт сжигания ископаемых видов топлива на тепловых электростанциях вредно воздействует на окружающую среду, во-вторых, запасы такого топлива ограничены.

Геотермальные источники известны с древних времён. Например, знаменитые древнеримские бани (термы Каракаллы) отапливались теплом подземных источников. Первая электростанция, основанная на использовании горячих подземных источников, была построена в 1904 году в итальянском городке Лардерелло (провинция Тосקנה). В США первая электростанция, использующая гидротермальную энергию, возникла в Калифорнии в начале 1930-ых годов, а в России – в 1965-м году.

Установленная мощность геотермальных электростанций в мире на начало 1990 года составляла около 5 ГВт, на начало 2000 – 6 ГВт. В 2010 году суммарная мощность выросла до 10,7 ГВт. На рис. 1 показана диаграмма мощностей ведущих стран мира использующих геотермальную энергетику.

Наиболее вероятные источники земного тепла: исходное тепло Земли; энергия экзотермических физико-химических процессов; энергия распада радиоактивных элементов; энергия сейсмических волн; энергия вращения Земли; тепло, выходящая при сжатии нижележащих слоёв под давлением вышележащих.

Температура Земли с глубиной растёт в среднем на 1К через каждые 30 м. На глубине 3 км должна кипеть вода, на одиннадцатом километре плавится свинец ( $327^{\circ}\text{C}$ ), на двадцатом – алюминий( $659^{\circ}\text{C}$ ), а на глубине 60 км температура достигает  $1800^{\circ}\text{C}$ , и плавится платина( $1773^{\circ}\text{C}$ ). Удельный тепловой поток изнутри Земли к её поверхности около  $0,05\text{Вт}/\text{м}^2$ . Полный тепловой поток изнутри земли примерно 26 ТВт. Это в десять раз больше энергии, которую можно извлечь из всех предполагаемых запасов угля, нефти и природного газа, но поток энергии солнечного излучения, принимаемый Землёй, приблизительно в 8300 раз больше теплового потока изнутри Земли к её поверхности. Геотермическая ступень – глубина, подходящая повышению температуры горных пород в земной коре на 1 К.

Обычно геотермическая ступень составляет 30-33м. А в некоторых местах у поверхности Земли (например, вблизи вулканических очагов) геотермическая ступень равна всего 2-3 м, но в экстремальных условиях – даже 0,5 м.

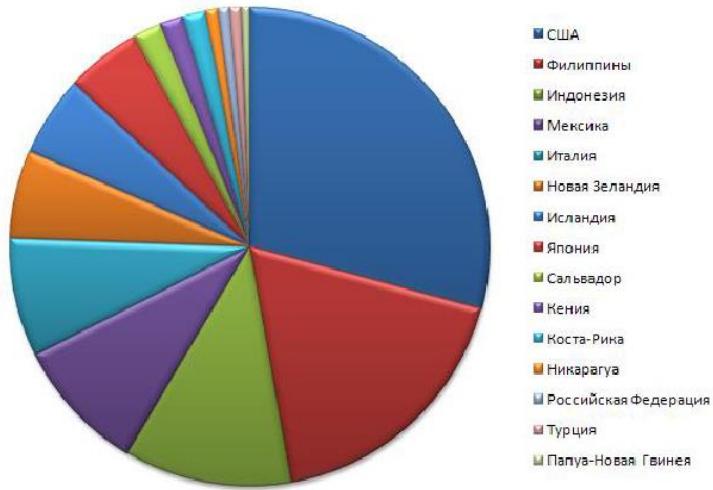


Рис. 1. Показатели мощности лидирующих стран мира в геотермальной энергетике

Источники геотермической энергии по классификации Международного энергетического агентства делятся на пять типов.

1. Месторождения геотермального сухого пара. Они легко разрабатываются, но их мало в мире. Половина действующих в мире ГеоТЭС использует тепло этих источников.

2. Источники влажного пара (смеси пара и горячей воды). Они встречаются чаще. При их освоении решают проблемы предотвращения коррозии оборудования и загрязнения окружающей среды (удаление конденсата из-за его засолённости).

3. Месторождения геотермальной воды (содержат горячую воду или пар и воду). Это области с водой атмосферных осадков, нагреваемые близкожающей магмой.

4. Сухие горячие скальные породы, разогретые магмой (на глубине 2км и более). Запасы их энергии наиболее велики.

5. Магмы (нагретые до 1300°C расплавленные горные породы).

По температуре теплоносителя геотермальные источники разделяют на эпигеотермальные, мезотермальные и гипотермальные. В эпигеотермальных источниках, находящихся в верхних слоях осадочных пород, куда проникают грунтовые воды, температура воды 50-90°C. Температура воды в мезотермальных источниках 100-200°C. В гипотермальных источниках, мало зависят от почвенных вод, температура в верхних слоях превышает 200 °C.

Слишком нагретая вода в виде струй пара выделяется из остывающего магматического расплава вместе с легколетучими веществами и газами, проникая в верхние, более холодные пласти горных пород. Уже при температурах 375-425°C пар может превратиться в воду; в конденсате растворяется большинство летучих компонентов, так появляется ювенильный (первозданный) гидротерм.

Источниками инфильтрационных гидротерм являются атмосферные осадки и грунтовые воды. По трещинам и порам горных пород они инфильтруются в более глубокие пласти, растворяя разные соли и газы и нагреваясь от горных пород. Инфильтрационные воды становятся термальными (температура более 37 °C) на глубине 800-1000м. При быстром подъёме воды через скважину глубиной 3-4 тысячи м можно получить гидротерм с температурой 100 °C.

Геотермальное тепло можно применять как для обогрева жилых и производственных помещений и теплиц, так и для выработки электроэнергии. В нынешнее время наиболее широко распространено прямое применение геотермального тепла, особенно в сейсмоактивных зонах (Япония, Исландия, Камчатка).

Разработаны три основные схемы производства электроэнергии из гидротермальных источников: 1) прямая схема (используется сухой пар); 2) непрямая схема (применяется насыщенный водяной пар; 3) смешанная схема (используется бинарный цикл).

По прямой схеме через турбину проходит пар, поступающий из глубинной скважины. В настоящее время наиболее известны геотермальные электростанции, работающие по непрямой схеме. При смешанной схеме сильно разогретые подземные воды или пар подаются в теплообменник, в котором образуется пар, вращающий турбину. Отработанная вода закачивается в скважину, тепло проходит в магистральную теплосеть, электроэнергия – в электросеть.

Принцип действия преобразования геотермальной энергии в тепловую и электрическую энергию на примере одноконтурной установки показан на тепловой схеме (рис. 2).

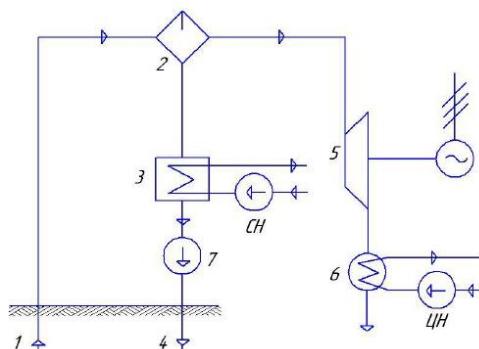


Рис. 2. Тепловая схема одноконтурной установки

Из эксплуатационной скважины 1 ПВС (пароводяная смесь) подается в сепаратор 2. Теплоноситель из скважины несет в себе большое количество солей и ядовитых газов (в том числе, сероводород H<sub>2</sub>S), присутствие которых в паровом контуре недопустимо. Поэтому нужно использовать сепарацию пара. Паровая фракция выделяется из ПВС в сепараторе и поступает в конденсационную турбину 5, работающую на насыщенном паре. Поэтому она приводит в движение электрогенератор. Отработавший в турбине пар проходит в конденсатор 6, в который циркуляционным насосом закачивается холодная вода из градирни. Таким образом применяется обратная система охлаждения, для уменьшения вредного воздействия на окружающую среду. Образовавшийся конденсат спускают в местные водоемы, его температура вследствие охлаждения не нарушает целостности природы. Горячая геотермальная вода направляется из сепаратора в сетевой подогреватель 3, где ее теплота используется для теплофикации, и всё закачивается насосом 7 обратно в пласт (в обратную скважину 4) по требованиям охраны природы и поддержания пластового давления.

Стоимость электроэнергии, производимой на современных ГеоИС, в среднем на 30% меньше, чем на ветровых электростанциях и в 10 раз ниже, чем на солнечных электростанциях.

Геотермальная энергетика имеет ряд достоинств: практическая неистощимость и не зависит от условий окружающей среды, времени суток и года; возможность использования геотермальной воды или смеси воды и пара для горячего водоснабжения, теплоснабжения или производства электроэнергии; обеспечение устойчивого тепло – или электроснабжения в тех регионах, в которых централизованное энергоснабжение отсутствует; отсутствие котельного оборудования и затрат на топливо; возможность применения энергоносителя низкого давления; несложность управления; уменьшение ядовитых выбросов в регионах со сложной экологической обстановкой.

Геотермальная энергетика с учетом её экономической эффективности имеет хорошие перспективы дальнейшего развития.

#### Список литературы:

1. Альтернативная энергия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alternativenergy.ru/energiya/320-geotermalnaya-energiya.html>.
2. Геотермальная энергия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Геотермальная\\_энергетика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Геотермальная_энергетика).