

УДК 621.5

## ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**Е. А. Зыков<sup>1</sup>, А. И. Вальцева<sup>2</sup>, Н. В. Вальцев<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> zikovjenia27@gmail.com

**Аннотация.** В статье представлены основные моменты истории, потенциал и перспективы развития геотермальной энергетики.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, геотермальная энергетика, геотермальные источники энергии

## GEOHERMAL ENERGY: HISTORY AND DEVELOPMENT PROSPECTS

**E. A. Zykov<sup>1</sup>, A. I. Valtseva<sup>2</sup>, N. V. Valtsev<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Ural Federal University named after the First  
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> zikovjenia27@gmail.com

**Abstract.** The article presents the main points of history, potential and prospects for the development of geothermal energy.

**Keywords:** renewable energy sources, geothermal energy, geothermal energy sources

**П**остоянный рост энергопотребления, истощение ресурсов, экологические проблемы и многие другие факторы стимулируют специалистов всего мира к использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). При этом у человечества имеется перспективный, почти неиссякаемый источник энергии, находящийся прямо под нашими ногами, и это геотермальная энергия.

Геотермальная энергетика — направление энергетики, основанное на использовании тепловой энергии недр Земли для производства электрической энергии на геотермальных электростанциях, или непосредственно для отопления, или горячего водоснабжения.

Геотермальная энергетика зародилась относительно недавно: в 1892 г. в США термальные воды впервые были использованы для местного отопления, а в 1911 г. в Италии была построена первая в мире геотермальная электростанция. Сегодня примерно 27 стран производят электричество при помощи геотермальной энергии, однако согласно статистике Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA) это составляет лишь один процент (в 2018 г. — 83 ТВт · ч, в 2020 г. — 88 ТВт · ч) от всего объема энергии, производимой возобновляемыми источниками [1; 2]. Ветровые турбины производят в 16 раз больше энергии, а гидроэлектростанции — в 69 раз [3]. Стоит ли уделять внимание источнику энергии с такими невысоким результатом на общем фоне? Определенно стоит, ведь геотермальная энергия имеет огромный потенциал [4].

Всего различают пять типов источников геотермальной энергии: 1) сухой пар; 2) влажный пар; 3) геотермальные воды; 4) сухие горячие каменные породы, разогретые магмой; 5) магма.

Существует три метода преобразования геотермальной энергии в электричество. Это обусловлено двумя факторами: состоянием среды (вода или пар) и температурой породы [5]. Первый метод, или прямой метод, заключается в том, что электростанция работает на сухом пару. Пар поступает непосредственно в турбину, которая вращает генератор, производящий электроэнергию. Использование пара позволяет отказаться от сжигания ископаемого топлива (также отпадает необходимость в транспортировке и хранении топлива). Это старейшие геотермальные электростанции. Паровая технология используется на электростанции «Гейзерс» в Северной Калифорнии, самой крупной геотермальной электростанции в мире.

Второй метод, или непрямой метод, — использование водяного пара. Температура воды должна быть выше 180 °С, чтобы под собственным давлением поступать 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. Немало примеров таких станций есть в Исландии.

Смешанный тип, третий метод, заключается в использовании воды умеренной температуры используется для получения энергии. Горячая геотермальная вода и вторая, дополнительная жидкость с более низкой точкой кипения, чем у воды, пропускаются через теплообменник. Тепло геотермальной воды выпаривает вторую жидкость, пары которой приводят в действие турбины [6].

Геотермальные станции имеют ряд преимуществ. Относительная экологическая чистота — в отличие от угольных электростанций на геотермальных электростанциях используется возобновляемый источник тепла, который имеет постоянный запас. Исследования показали, что в отрасли задействовано всего 6,5 % от общего мирового потенциала, а это означает, что энергии хватит еще на многие годы. Кроме того, количество парникового газа от геотермальных электростанций (ГеоТЭС) составляет всего 5 % от того, что выделяют угольные электростанции. Потенциально ГеоТЭС имеют большую мощность и способны вырабатывать большее количество энергии — они могут весомо помочь в удовлетворении спроса на энергию, который растет с каждым годом как в развитых странах, так и в развивающихся. Стабильные цены обусловлены отсутствием необходимости покупки топлива. Геотермальные установки требуют минимального обслуживания по сравнению с традиционными электростанциями. В отличие от других источников энергии геотермальные станции гарантируют постоянное энергоснабжение вне зависимости от таких внешних факторов, как, например, поставка топлива. Возобновляемый и устойчивый источник — пока земля поддерживает жизнь, геотермальная энергия будет существовать, ГеоТЭС могут работать. Указанные преимущества приводят к тому, что геотермальная энергетика несмотря на свою молодость развивается сейчас во всем мире.

Однако геотермальные станции имеют и недостатки. Жидкости, которые извлекаются из земли в процессе бурения, содержат большое количество токсичных химических веществ, в т. ч. мышьяк и ртуть, 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. ГеоТЭС также требуют значительных инвестиций. Большая часть этих затрат касается разведки и бурения геотермальных энергетических ресурсов. Исследования показывают, что без тщательного управления геотер-

мальные резервуары могут истощиться. В таких случаях ГеоТЭС станут бесполезными, пока резервуар не восстановится.

Большинство стран, в которых сегодня действуют геотермальные электростанции, расположены вдоль границ тектонических плит, например вдоль западного побережья двух Америк или Восточно-Африканской рифтовой долины (разлома). Однако и другие страны, не обладающие подходящими геологическими особенностями, строят у себя ГеоТЭС, например Германия и Франция. Несмотря на то что европейским специалистам приходится в значительно большей степени уходить вглубь Земли и использовать более сложные технологии, в результате они имеют ценный и конкурентный источник энергии [7].

Сегодня около сотни стран используют геотермальную энергию для отопления и в промышленных процессах, задействующих тепло в больших количествах [7]. Популярный пример такого применения — Исландия, в которой несмотря на суровый арктический климат почти все бассейны расположены под открытым небом; 90 % потребностей страны в отоплении и горячем водоснабжении обеспечивается геотермальной энергетикой. Мощность геотермальных электрических станций Исландии составляет 575 МВт, они покрывают треть всех потребностей страны в электричестве.

Если говорить о потенциале геотермальной энергии, то можно отметить, что общий тепловой баланс первых 10 км земной коры составляет почти  $3 \cdot 10^{23}$  ккал, что в тысячи раз превышает теплотворную способность мировых запасов всех видов топлива [8]. Расчеты, произведенные учеными, показывают, что в середине Земли содержится теплоты намного больше, чем ее можно было бы добыть, расщепив в ядерных реакторах все земные запасы урана и тория. Если человечество будет использовать одну только геотермальную энергию, пройдет 41 млн лет, прежде чем температура недр Земли понизится на полградуса [8]. Однако для этого нужен ряд инноваций, одна из которых — получение энергии прямо из магмы, что также решит проблему возможного истощения. Конечно маловероятно, что геотермальная энергетика станет единственной, заменив все остальные, но она определенно займет значимое место в энергетике будущего.

#### Список источников

1. Renewable energy highlights (2018) [Electronic resource] // IRENA. URL: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Pub->

lication/2018/Jul/IRENA\_Renewable\_energy\_highlights\_July\_2018.pdf (date of access: 27.10.2020).

2. Renewable energy highlights (2020) [Electronic resource] // IRENA. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/Renewable\\_energy\\_highlights\\_July\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/Renewable_energy_highlights_July_2020.pdf) (date of access: 27.10.2020).

3. Электричество под ногами [Электронный ресурс] // Энергетика в России и в мире. URL: <https://peretok.ru/articles/freezone/20009/> (дата обращения: 27.10.2020).

4. IRENA (2020), Renewable Energy Statistics 2020, July 2020 [Electronic resource]. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/IRENA\\_Renewable\\_Energy\\_Statistics\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/IRENA_Renewable_Energy_Statistics_2020.pdf) (date of access: 27.10.2020).

5. Геотермальные электростанции [Электронный ресурс] // Новая генерация. URL: [https://manbw.ru/analytics/geothermal\\_power\\_stations\\_plant.html](https://manbw.ru/analytics/geothermal_power_stations_plant.html) (дата обращения: 27.10.2020).

6. Геотермальные электростанции: преимущества и недостатки [Электронный ресурс]. URL: <https://avenston.com/ru/articles/geothermal-pp-pros-cons/> (дата обращения: 27.10.2020).

7. Геотермальная энергетика [Электронный ресурс]. URL: <https://www.alterenergy.info/home/geotermalnaya-energetika/1890-geotermalnaya-energetika-osnova-energeticheskogo-kompleksa-islandii> (дата обращения: 27.10.2020).

8. Потенциал геотермальной энергетики в мире [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cleandex.ru/articles/2016/03/14/geothermal-energy-global> (дата обращения: 27.10.2020).