

УДК: 537.31

**Проценко Палина Павловна**

Амурский государственный университет,  
г. Благовещенск, Россия  
e-mail: [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru)

**Protsenko Palina Pavlovna**

Amur State University,  
Blagoveshchensk, Russia  
e-mail: [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru)

**Веклич Антон Андреевич**

Амурский государственный университет,  
г. Благовещенск, Россия  
e-mail: [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru)

**Veklich Anton Andreevich**

Amur State University,  
Blagoveshchensk, Russia  
e-mail: [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru)

## ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ВОЗВЕДЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ДЕЙСТВУЮЩЕГО АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА КАМЧАТСКОГО КРАЯ

### ASSESSMENT OF THE PROSPECTS FOR THE CONSTRUCTION OF A GEOTHERMAL POWER PLANT ON THE TERRITORY OF THE ACTIVE AVACHINSKY VOLCANO OF THE KAMCHATKA TERRITORY

*Аннотация.* Рассматривается проектирование геотермальной электростанции на перспективной площади действующего Авачинского вулкана, преимущества и недостатки при ее эксплуатации, определение точного месторасположения электростанции для эффективной работы на основании геофизических исследований, а также сравнительно-экономический анализ с действующими традиционными электростанциями Камчатского края.

*Abstract.* This article discusses the design of a geothermal power plant on the promising area of the active Avachinsky volcano, the advantages and disadvantages of its operation, as well as the determination of the exact location of the power plant for efficient operation based on geophysical studies and a comparative economic analysis with the existing traditional power plants of the Kamchatka territory.

*Ключевые слова:* вулкан, геотермальная электростанция, чистая энергия, научно-технический прогресс, Камчатский край, экономический анализ, эффективность.

*Key words:* volcano, geothermal power plant, clean energy, scientific and technical progress, Kamchatka territory, economic analysis, efficiency.

DOI: 10.22250/jasu.93.18

Геотермальной энергией называют глубинное тепло Земли, запасенное в термальных водах (флюидах) внутри земной коры, являющееся потенциальным источником тепло- и электроснабжения. Опираясь на современное представление о получении геотермальной энергии, можно сказать, что основными источниками геотермального тепла являются действующие вулканы, горячая магма кото-

рых, поднимаясь из недр Земли, располагается в некоторых районах очень близко к поверхности. Камчатский край отделен от единой энергетической системы России. Но это край с многочисленными вулканами и ледниками, горячими источниками и кипящими гейзерами.

Общая мощность электростанций Камчатки составляет 576,74 МВт. Опишем все действующие электростанции этого региона и их электрическую мощность, разделив их для наглядности на две таблицы: традиционные электростанции, общая установленная мощность которых 453,83 МВт (табл. 1) и возобновляемые электростанции, общая установленная мощность их – 122,91 МВт (табл. 2).

Таблица 1

**Традиционные электростанции**

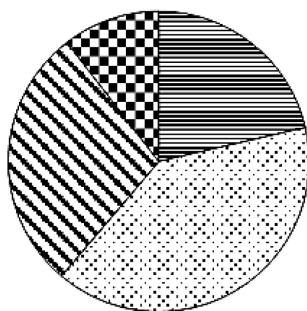
| Наименование                   | Установленная мощность, МВт |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Камчатская ТЭЦ-1               | 229,00                      |
| Камчатская ТЭЦ-2               | 163,20                      |
| ДЭС «Южные электрические сети» | 60,06                       |
| Озерновская ДЭС                | 1,57                        |
| <b>Итого:</b>                  | <b>453,83</b>               |

Таблица 2

**Возобновляемые электростанции**

| Наименование            | Установленная мощность, МВт |
|-------------------------|-----------------------------|
| Быстринская мГЭС        | 1,71                        |
| Толмачевская мГЭС-1     | 2,00                        |
| Толмачевская мГЭС-2     | 24,80                       |
| Толмачевская мГЭС-3     | 18,40                       |
| Мутновская ГеоЭС        | 50,00                       |
| Верхне-Мутновская ГеоЭС | 12,00                       |
| Паужетская ГеоЭС        | 14,00                       |
| <b>Итого:</b>           | <b>122,91</b>               |

На круговой диаграмме структурно изображена суммарная установленная мощность всех действующих возобновляемых и традиционных электростанций. Диаграмма показывает, какие электростанции Камчатки на сегодняшний день преобладают в выработке электрической мощности (рис. 1).



- ▨ Возобновляемые источники энергии
- ▧ Камчатская ТЭЦ-1
- ▦ Камчатская ТЭЦ-2
- ▣ ДЭС "ЮЭС"

Рис. 1. Структурное сравнение вырабатываемой мощности электростанций.

В результате геофизических исследований группы ученых Института вулканологии в 1960-1962 гг. было обнаружено, что под Авачинским вулканом Камчатского края находится множество промежуточных расплавленных, не застывших магматических очагов. Для извлечения тепла горных пород и преобразования ее в электроэнергию предполагается использовать природные, а также искусственные гейзеры. Рассмотрим положение скважин возможной геотермальной циркуляционной системы в разрезе геолого-геофизического профиля (рис. 2).

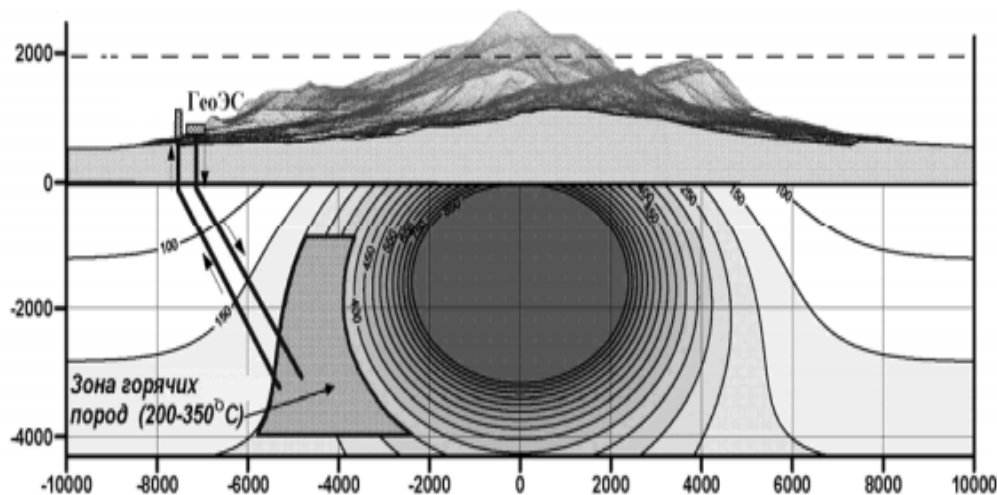


Рис. 2. Эффективное расположение ГеоЭС в геотермальной зоне.

Стоит отметить основные преимущества возведения ГеоЭС на Авачинском вулкане. Это низкая себестоимость электроэнергии для жителей, предприятий крупных городов (Петропавловск-Камчатский, Елизово); выработка большой мощности по сравнению с другими альтернативными источниками; устойчивость постоянной работы; проводка систем отопления и горячего водоснабжения для близлежащих городов и поселений; малозумная работа.

Однако есть и недостатки возведения ГеоЭС на Авачинском вулкане: экологическое загрязнение из-за содержания в земле токсичных химических веществ и парниковых газов; сейсмическая нестабильность вулкана; возможное истощение геотермального ресурса.

Возраст вулкана – 60 тыс. лет. Глубина очага от уровня моря ( $h$ ) – 1,5 км. Температура очага ( $T$ ) – 900°C. Предполагаемая глубина бурения вертикальных скважин ( $h_6$ ) – 3,5 км. Температура рабочей изотермы ( $T_{из}$ ) = 200°C. Предполагаемое количество тепла, сосредоточенное в объеме тороида в горячих водоносных породах (200-350°C) –  $Q = 0.99 \cdot 10^{20}$  (запасы тепла очага во вмещающих породах от начала зарождения). Объем выбранного тороида – 50 км<sup>3</sup>. Исходя из приведенных данных, можно сделать вывод, что ГеоЭС можно разместить на данной территории для эффективной работы. Распределение температур вокруг Авачинского магматического очага позволяет оценить необходимую вертикальную глубину бурения скважин до высокотемпературных зон (200 – 350°C) будущей подземной циркуляционной системы – около 3.5 – 4 км от поверхности Земли. При радиусе магматического очага 5 км вертикальные скважины должны располагаться на расстоянии 6-8 км к юго-западу от вулкана. Наклонные скважины, направленные к очагу и предназначенные для создания геотермальной циркуляционной системы, могут буриться на большем удалении, в пределах от 7 до 9 км. При неизменной температуре тороида в течение 100 лет в варианте сооружения Авачинской ГеоЭС запасов тепла в объеме 50 км<sup>3</sup> при названных условиях будет достаточно для получения примерно 250 МВт электроэнергии. Приведем карту-схему примерного места бурения глубоких скважин на вулкане Авача (рис. 3).

Рассмотрим случай, который покажет, с какими традиционными электростанциями может сравниться (или даже преобладать) Авачинская ГеоЭС по выработке мощности (рис. 4).

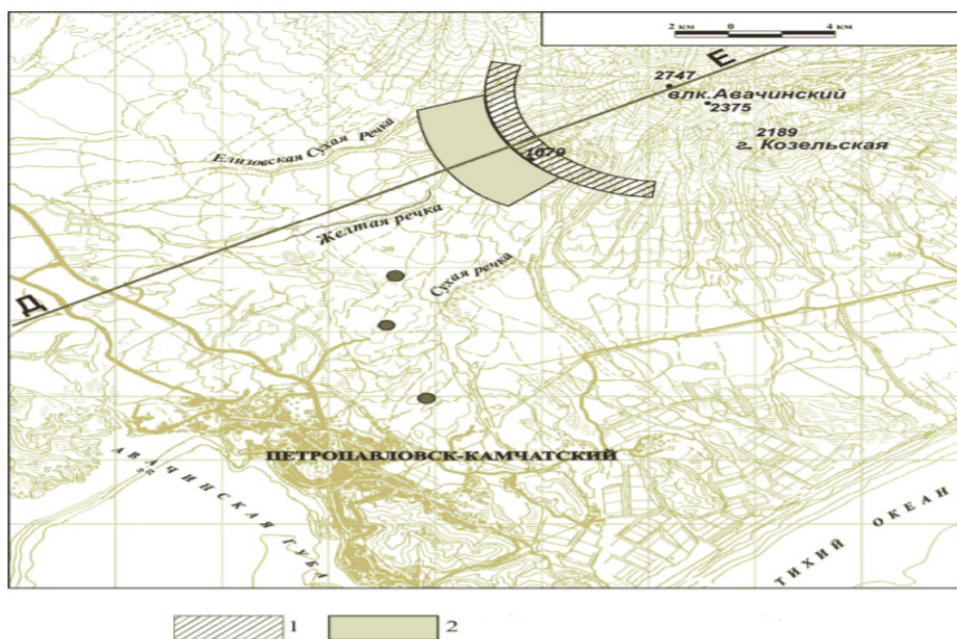


Рис. 3. Карта-схема вулкана Авача с примерными местами бурения скважин.



Рис. 4. Сравнение Авачинской ГеоЭС с электростанциями.

Диаграмма сравнения Авачинской ГеоЭС с действующими возобновляемыми электростанциями позволяет сделать вывод, что выработка мощности проектируемой станции значительно больше. Что касается традиционных электростанций, то Авачинская ГеоЭС сможет полностью заменить одну из любых крупных станций, – например, Камчатскую ТЭС-1 или ТЭС-2.

1. Доброхотов, В.И. Использование геотермальных ресурсов в энергетике России // Теплоэнергетика. – 2003. – № 1. – С. 2-11.

2. Зубин, М.И. Гравитационная модель Авачинского вулкана / М.И. Зубин, А.И. Козырев // Вулканология и сейсмология. – 1989. – № 1. – С. 81.