

## ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в ряде стран, на территории которых развита современная вулканическая деятельность, началось использование природных высокотермальных вод и паров для выработки электроэнергии. Пионером в этой области была Италия, где первый турбогенератор на подземном паре заработал еще в 1905 г. По данным Организации Объединенных Наций, созывавшей в 1961 г. в Риме специальную конференцию по новым источникам энергии, мощность геотермальных электростанций на 1960 г. составила: в Италии — 330 тыс. *квт*, в Новой Зеландии — 150 тыс. *квт* (проектная мощность — 270 тыс. *квт*), в США — 12,5 тыс. *квт* (проектная мощность — 100 тыс. *квт*). Создание геотермальных электростанций запланировано в Японии, Мексике, Сальвадоре.

Обращение энергетики к подземному теплу в настоящее время вызвано не столько «энергетическим голодом», сколько тем обстоятельством, что в благоприятных природных условиях геотермальные электростанции вырабатывают очень дешевую электроэнергию. Даже на хорошо освоенных территориях геотермальные электростанции примерно вдвое экономичнее обычных тепловых электростанций. Что же касается удаленных и плохо освоенных районов, лишенных местной топливной базы и гидроэнергоресурсов, но располагающих большими запасами высокотермальных вод и паров на относительно малой глубине, то строительство здесь геотермальных электростанций не только экономически целесообразно, но часто единственный выход при решении энергетической проблемы.

В таком положении в Советском Союзе находятся некоторые районы Камчатки и Курильских островов. Стоимость электроэнергии, вырабатываемой здесь маломощными электростанциями, очень высока. Использование местных гидроэнергоресурсов часто невозможно из-за того, что реки Камчатки охраняются как нерестилища ценных лососевых рыб. В то же время наличие мощной гидротермальной деятельности, протекающей в ряде случаев вблизи поверхности земли, на глубине первых сотен метров, можно рассматривать как необходимую природную предпосылку для создания в таких районах геотермальной энергетики. Геотермальные электростанции на Камчатке будут вырабатывать энергию с себестоимостью в десятки раз дешевле, чем при существующем положении.

Учитывая перечисленные выше обстоятельства, на Камчатке, на базе Паужетских термальных источников в 1957 г., были начаты работы по созданию первой в Советском Союзе опытно-промышленной геотермальной электростанции мощностью 5000 *квт*. Выбор Паужетских источников в качестве первоочередного объекта для строительства такой электростанции был сделан по следующим соображениям. Во-первых, Паужетские источники, впервые обследованные в середине XVIII в. С. П. Крашенинниковым, обладающие большим дебитом и выделяющие большое количество пара, действуют непрерывно и не снижают своей активности. По единодушному мнению всех специалистов, источники можно было рекомендовать как реальный природный объект для получения здесь с помощью бурения вод и паров с температурой выше 100°. Во-вторых, по сравнению с другими

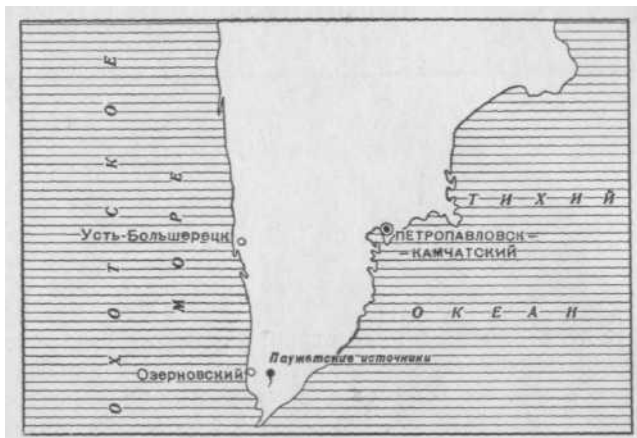


Рис. 1. Местоположение Паужетских источников на Камчатке

кипящими источниками Камчатки, они находятся в относительно легко доступной местности. Наконец, в третьих, всего в 30 км от источников находится один из самых крупных и перспективных на западном побережье Камчатки Озерновский рыбокомбинат, который будет потребителем как электроэнергии, так и «отработанных» термальных вод для нужд теплофикации (рис. 1).

Месторождения современных гидротерм, эксплуатируемые для выработки электроэнергии, разделяются на два основных типа: к первому принадлежат месторождения природного пара, ярким примером которого может быть Лардерелло в Италии; ко второму — более распространенному — относятся месторождения, в недрах которых вода, хотя и имеет температуру значительно выше 100°, находится в условиях относительно высокого давления и поэтому существует в жидкой фазе. Это, как правило, напорные воды, способные к самоизливу. Продукция скважин на таких месторождениях представлена пароводяной смесью, образующейся за счет вскипания воды при её восходящем движении по стволу скважины. Из зарубежных месторождений второго типа наибольшей известностью пользуется Вайракей в Новой Зеландии. К этому же типу принадлежит и район Паужетки.

Для выяснения вопроса о возможности создания геотермальной электростанции на Паужетке был намечен и осуществлен большой комплекс геологических, гидрогеологических, геотермических и других исследований, проводившихся на базе бурения. Они показали, что Паужетская термальная площадка входит в состав крупного месторождения высокотермальных вод. Уже в 1958 г. в процессе бурения первой скважины были получены первые обнадеживающие данные. Было установлено, что в недрах Паужетского месторождения на глубине первых сотен метров циркулируют воды с температурой, достигающей почти 200°. Из скважины ударил пароводяной фонтан, но производительность ее оказалась недостаточной. При дальнейшем разбуривании месторождения ресурсы гидротерм непрерывно наращивались. В 1961 г. их цифра превысила 150 кг/сек пароводяной смеси, что обеспечивало необходимое количество пара для работы электростанции на 5000 квт.

Разведочные работы завершились опытной эксплуатацией месторождения. В 1962—1963 гг. десять наиболее продуктивных скважин более года безостановочно работали в условиях эксплуатационного режима, доказав тем самым возможность создания на Паужетке опытно-промышленной геотермальной электростанции.

Следует отметить, что при разведке высокотермальных вод пришлось столкнуться с весьма существенными трудностями. Высокие температуры

чрезвычайно осложняют процесс бурения, создают большие помехи при геофизических исследованиях в скважинах, а опробование пароводяных скважин во многих отношениях сложнее обычных гидрогеологических испытаний и отличается от них по своим способам. В ходе разведки Паужетского месторождения впервые в нашей стране были разработаны и освоены как технология бурения пароводяных скважин легкими колонковыми станками, так и методика их опробования. Опыт, приобретенный на Паужетке, может быть использован на других разведываемых месторождениях высокотемпературных гидротерм.

Результаты работ в районе Паужетских источников далеко выходят за рамки чисто технических достижений в области разведки. Не меньшего внимания заслуживают данные общегеологического значения, полученные в ходе исследований. Паужетское месторождение можно рассматривать как природную лабораторию гидротермальных процессов, вызывающих интенсивное изменение пород с образованием новых минералов. Благодаря тому, что здесь было пробурено большое число скважин, геологи и минералоги получили возможность не только умозрительно восстанавливать обстановку протекавших процессов, но и судить о ней: на основании прямых данных. Образование минеральных ассоциаций, изученных в керне, можно было рассмотреть в непосредственной связи с температурой, давлением, характером движения гидротерм и их химизмом. Поэтому без преувеличения можно сказать, что скважины, которые бурятся на месторождениях современных гидротерм, являются золотым фондом для геологов, изучающих гидротермальный процесс и связанные с ним месторождения полезных ископаемых.

Предлагаемая вниманию читателя монография состоит из двух частей. В первой — дана общая характеристика Паужетского месторождения. Во второй части детально характеризуется методика исследования, включая технологию бурения при высоких температурах, и приводятся результаты опытной эксплуатации Паужетского месторождения.

Необходимо особо отметить, что все материалы, использованные при составлении монографии, были получены в результате исключительно добросовестного и самоотверженного труда большого коллектива рабочих и техников Паужетской гидрогеологической партии Камчатского геологического управления и Паужетской геотермальной экспедиции Института вулканологии СО АН СССР. Авторы выражают им свою искреннюю благодарность. Необходимо также отметить большой вклад, внесенный в изучение Паужетских источников до начала разведочных работ Б. И. Пийпом, В. В. Ивановым, Т. А. Голевой и С. И. Набоко.

Инициатором изучения Паужетских источников с точки зрения их энергетического использования выступила Лаборатория вулканологии АН СССР, направившая в 1955 г. на Паужетку геотермальную экспедицию (начальник экспедиции А. Е. Святловский, гидрогеологи В. В. Иванов, А. С. Нехорощев), которая собрала необходимые материалы для начала здесь буровых работ.

Выбор Паужетских источников в качестве первоочередного объекта для строительства геотермальной электростанции был утвержден в 1956 г. комиссией Президиума АН СССР под руководством академика М. А. Лаврентьева.

С 1957 г. разведка и исследование Паужетского месторождения проводились совместно Государственным геологическим комитетом и Академией наук СССР. Подготовительные работы по разведке и бурению первых скважин были выполнены Паужетской гидрогеологической партией Камчатского геологического управления под руководством инженеров

Н. А. Лнтипова, Ю. В. Кожина, геолога Л. Ф. Тыщенко и старших буровых мастеров В. П. Воробьева и С. В. Тарасова. Начиная с середины 1959 г. все работы партии проводились под руководством инженера В. М. Дудченко. Ведущими исполнителями работ были гидрогеологи Ю. А. Краевой и Е. Л. Краевая, геофизики Л. Г. Пастух и Г. П. Яроцкий, старшие буровые мастера Э. П. Рябко и В. И. Крешеновский.

По линии Академии наук работы велись в основном Институтом вулканологии СО АН СССР и возглавлялись Б. И. Пийпом. Гидрогеологические исследования проводились под руководством В. В. Аверьева (1957—1960 гг.) и В. М. Сугрובה (1960—1963 гг.). Активное участие в исследованиях приняли научные сотрудники А. А. Гавронский, В. И. Белоусов, С. И. Набоко, А. Н. Разживина, Н. В. Воронкова и Н. Г. Сугрובה. Ценную помощь в изучении месторождения оказали в 1957—1958 гг. В. В. Иванов и К. П. Флоренский.

Общая редакция монографии выполнена В. В. Аверьевым и С. И. Набоко.