

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛУБИННОГО ТЕПЛА ЗЕМЛИ

Впервые идея сооружения электростанции, работающей на энергии природного перегретого пара, осуществлена в Италии¹. Использование подземной энергии началось в связи с необходимостью увеличить производство электроэнергии в стране, не прибегая к ввозу ископаемого топлива, месторождения которого в Италии недостаточны. Вначале эксплуатировались естественные выходы пара на поверхность Земли, но в дальнейшем началось промышленное использование глубинных паров, извлекаемых при помощи буровых скважин. Своеобразные геологические условия района Лардерелло (Тоскана), где наиболее эффективно осваиваются ресурсы глубинной энергии, дали возможность извлекать природные перегретые пары из естественных «подземных паровых котлов», находящихся под давлением.

Такие разведанные при помощи бурения и геофизической разведки «паровые котлы» позволили построить в последние годы несколько электростанций общей мощностью до 265—274 тыс. *квт*, использующих свыше 300 *т* в час пара, при рабочем давлении от 2 до 5 *атм* и дающих энергию значительно более дешевую, чем гидроэлектроэнергия. Эти геотермические электростанции освещают несколько городов и дают энергию для электрифицированных железных дорог между ними. Производство геотермической электроэнергии в Италии быстро растет. В 1932 г. было получено 50 млн. *квт-ч*, в 1939 г. до 500 млн.; в 1948 г., после восстановления разрушенных во время войны геотермических электростанций, было получено до 1000 млн.; в 1952 г. 1800 млн. *квт-ч*, или 5,4% всей электроэнергии, производившейся в Италии. В 1955 г. в Лардерелло функционировало 170 буровых скважин, пар которых приводил в действие 7 энергетических установок. Они дали свыше 1 млрд. *квт-ч*. Стоимость 1 *квт-ч* электроэнергии составляет 1 лиру (0,67 коп.).

Подобных успехов в использовании подземного тепла для получения электроэнергии в других странах еще не достигнуто.

Исследования по использованию тепловой энергии Земли для получения электроэнергии проводятся в Японии, Канаде, Аляске, Гренландии, Чили, Сальвадоре, Никарагуа, на Азорских и М. Антильских островах, в Новой Зеландии, Исландии, Восточной Африке и ряде других стран.

В Калифорнии (США) Всеобщей компанией электричества было пробурено 4 скважины, из которых наиболее глубокая имела 200 м. Оказалось,

что каждая скважина может дать более 1000 *квт-ч* электроэнергии.

Более широко используются природные горячие воды. Столица Исландии Рейкьявик теплофицирована водами, нагретыми вулканическим теплом. В Японии горячие воды и пар используются в банях и для теплофикации.

В СССР несколько курортов (Кульдур, Талое, Цайши, Начики, Ходжа-Оби-Гарм) теплофицированы горячими ключами, и на их базе организовано тепло-парниковое хозяйство, а в Тбилиси известные серные бани.

Проблема использования природных горячих вод для получения электроэнергии не представляет большой принципиальной сложности. Наиболее просто утилизировать горячую воду в турбогенераторных установках небольшой мощности (500—700 *квт*), которые могут работать на низком давлении, используя температурный перепад между горячими и холодными водами для испарения горячих вод при вакууме. Такие установки требуют значительных дебитов горячей воды и могут работать как на природных, так и на отходных заводских горячих водах. Вопрос о серийном производстве низкотемпературных установок, могущих работать на горячих водах, давно назрел. Несколько сложнее проблема использования глубинных перегретых паров, как это делается в Италии; однако это сулит большие возможности. Постройка крупных электростанций мощностью в 200—300 тыс. *квт* требует разведки крупных месторождений перегретого пара, находящегося под давлением песчанистых атмосфер и возможна в вулканических областях.

Каковы научные предпосылки для такого рода разведки в нашей стране?

Земной шар непрерывно излучает в атмосферу поток тепла, идущего из глубин. Величина этого теплового потока неодинакова для разных областей, отличающихся по своему геологическому строению, и вычисляется на основании измерения температуры в буровых скважинах и шахтах. Изменение температуры с глубиной Земли выражается в геотермической ступени — глубины в метрах, на которую нужно опуститься, с тем чтобы температура увеличилась на 1°. Существует представление, что с опусканием на каждые 32—33 м вглубь земли, температура увеличивается в среднем на 1°. Эти данные получены при измерениях главным образом в осадочных породах, образующих «чехол» на кристаллической оболочке Земли. В древних кристаллических «пштах» с глубиной температура возрастает в 3 раза медленнее. Достоверными данными мы располагаем толь-

¹ См. «Природа». 1956, № 5, стр. 61—70.

ко до глубин 3—5 км, которых достигают современные буровые скважины.

Установлено, что геотермические ступени испытывают значительные колебания в зависимости от геологических условий района. В частности, температуры глубинных слоев в вулканических областях и в районах нефтяных месторождений (в последних частично за счет биохимических процессов) во много раз выше, чем обычно.

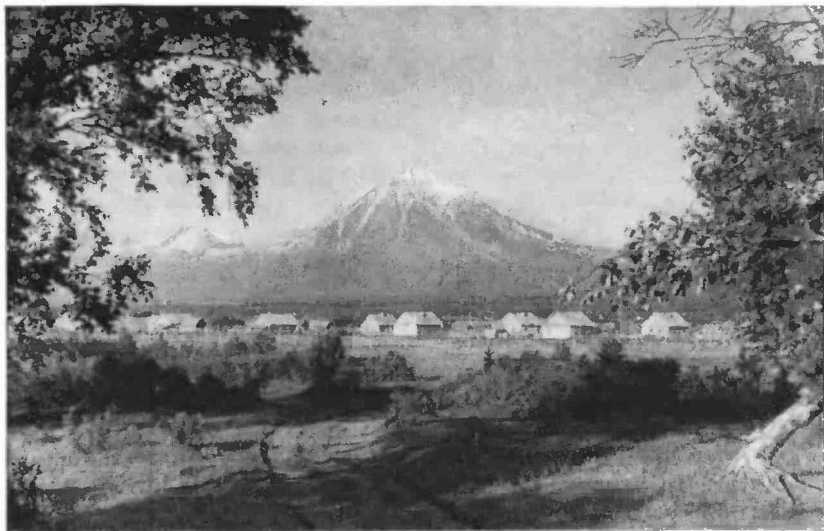
В вулканических областях, уже на первых десятках метров, температура часто достигает более 100° , и на поверхность земли выходят горячие ключи (до 100°), а в ряде случаев и перегретый пар. В этих областях увеличение температуры с глубиной происходит очень неравномерно, геотермическая ступень в соседних участках часто на расстоянии нескольких сот метров резко отлична.

В Флегрейских полях (вулканический район Италии) геотермическая ступень первых 100 м глубины имеет 0,7 м на 1° . Для первой тысячи метров геотермическая ступень увеличивается в среднем до 5 м на 1° , а для второй тысячи достигает уже 6—8 м на 1° . Таким образом, увеличение температур на глубине более 1000 м происходит в этом районе в 10 раз медленнее, чем на первых 100 м от поверхности земли.

Резкие различия глубинных температур в соседних районах указывают на то, что перенос тепла из глубин земли в вулканических районах происходит в основном не вследствие теплопроводности горных пород, а при перемещении на сравнительно небольших глубинах магматического расплава горных пород и связанных с ним перегретых паров и вод.

Вулканическое извержение — это результат прорыва на земную поверхность магмы (расплав, при кристаллизации которого образуются изверженные горные породы). Этот прорыв вызывается увеличением давления пара при кристаллизации в охлаждающемся на глубине нескольких километров вулканическом очаге.

Представление об энергии, скрытой в глубинах вулканов, дают следующие данные. В 1938—1939 г. побочный конус Ключевской сопки — вулкан Бн-



Корякский вулкан на Камчатке

Фото Г. Гайдукевича (ТАСС)

люкай за 360 дней выбросил около 6000 тыс. т перегретых паров. При извержении в июне 1929 г. вулкан Везувий выбросил в течение 100 часов около 12 млн. м^3 лавы с температурой около 1300° и более 1,5 млрд. м^3 газа с температурой 1000° .

Конечно, использование энергии действующего вулкана практически невозможно. Однако возможен и осуществляется при помощи буровых скважин захват на глубине сверхнагретых вулканических паров в таких районах, где давление паров еще не настолько велико, чтобы стать причиной вулканического извержения. Подсчитано, что вулкан Везувий выделяет в секунду 2000 м^3 водяного пара, нагретого до 600° .

Рядом скважин в Лардерелло с глубины 250 м выведен на поверхность перегретый пар с температурой около $140\text{--}230^{\circ}$ под давлением 2—6 атм, а в отдельных случаях до 14 атм. Одна из этих скважин дает до 220—250 тыс. кг пара в час. На Флегрейских полях скважины достигли глубины 1840 м и вошли в зону температур около 300° . В ближайшее время здесь рассчитывают получить большое количество перегретого пара.

На северном о-ве Новой Зеландии в 1948 г. было начато разведочное бурение на перегретый пар. Здесь в районе севернее оз. Таупо, в вулканическом районе, на площади выхода горячих источников запроектована электростанция мощностью 40 тыс. кет с последующим наращиванием мощности до 134 тыс. кет (первая очередь).

Месторождения перегретого пара в вулканических районах находятся там, где на глубине лежит подземный магматический бассейн, находящийся в стадии застывания. При этом летучие магматические пары, обладающие большой подвижностью, циркулируют по трещинам, улечиваясь из бассейна. При подъеме к земной поверхности эти сверхнагретые газы и пары воды могут скопиться в трещинах, перекрытых непроницаемыми горными породами (например, глинами) на небольших глубинах. В таких «ловушках» перегретого пара образуются «природные паровые котлы», продолжающие получать питание снизу, из очага. Поэтому в них, несмотря на потерю пара через кровлю горных пород, устанавливается постоянное давление и температура.

По соседству с вулканами часто наблюдаются обильные выходы горячих вод и паров, пробивающихся сквозь трещины в толщах рыхлых вулканических пород. Такие участки можно сравнить с лопнувшим паровым котлом, бесполезно расточающим свою энергию. Разведку подземных горячих паров целесообразно вести в некотором отдалении от действующих вулканов, в районах с более плотным покровом осадочных горных пород над вулканическими очагами.

В нашей стране поиски месторождений перегретого пара ведутся Лабораторией вулканологии АН СССР на Камчатке и на Курильских островах. В ряде районов намечено пробурить структурные разведочные скважины.

Поиски источников геотермической энергии следует вести и в других районах СССР — в области предгорных поднятий Кавказа (Майкопский, Минераловодский, Нальчикский, Ставропольский и другие районы), в республиках Закавказья, некоторых районах Средней Азии и Дальнего Востока. Прогреты у подножья Альпийских горных систем и межгорные впадины включают крупные артезианские бассейны горячих вод с активным возобновлением ресурсов. Такие напорные термы могут обеспечить теплофикацию крупных городов и курортов этих районов (Тбилиси, Грозный, Майкоп, Цхалтубо, Петропавловск-на-Камчатке и др.).

Основная черта геотермической проблемы — ее комплексность. Она охватывает широкий круг научных и практических вопросов геологии, гидрогеологии, геофизики, геохимии и других наук.

Крупные практические достижения в области использования глубинного тепла для энергетических целей возможны только при объединении творческих усилий ученых и инженеров, вооруженных современной техникой. Производство экспериментальных работ и координацию исследований, ведущихся разными учреждениями, должны возглавить авторитетные ученые. Для обобщения данных по геотермическому режиму территории СССР должны проводиться обязательные геотермические измерения во всех глубоких скважинах.

А. Е. Святловский

Кандидат геолого-минералогических наук
Камчатская геотермическая экспедиция Академии наук СССР

ОБ ИНТЕРЕСНОЙ ФУНКЦИИ БЕЛОЙ ОКРАСКИ

Зависимость окраски животных от окружающей среды всегда интересовала биологов. Представители фауны позвоночных высоких широт часто привлекаются для иллюстрации влияния на окраску ландшафтно-климатических факторов, а также как пример зависимости окраски от естественного отбора. Таков, например, «покровительственный характер» белой окраски многих полярных животных — песца, белого медведя, белой куропатки, полярной совы и др.

Интересно выяснить биологический смысл окраски одного из обитателей морей Арктики и Дальнего Востока белухи (*Delphinapterus leucas* Pall.) Этот некрупный, до 6 м длиной, кит из семейства Delphinapteridae питается в основном стайными рыбами и в меньшей степени беспозвоночными. В летние месяцы белуха совершает регулярные миграции неда-

леко от берегов, а зимой держится в дрейфующих льдах и у их кромки. Одна из ее морфологических особенностей — изменение окраски с возрастом. Коричнево-серый цвет новорожденной белухи постепенно переходит в более светлый синева-серый, светлосерый, голубовато-серый. Взрослая половозрелая белуха совершенно белая. В последнюю очередь белеют края хвостового плавника и небольшая кожная складка на месте редуцированного спинного плавника.

Самые первые наблюдатели и исследователи (как и большинство последующих) связывают окраску белухи с ее приверженностью ко льдам. Сравнительно недавно К. К. Чапский¹ высказал другое пред-

¹ См. К. Чапский, Морские звери Советской Арктики, Главсевморпуть, 1941.