

О. ЛАДИМИРОВ, С. КРАСКОВСКИЙ, А. СЕМЕНОВ

ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ В МОНЧЕ-ТУНДРЕ

(Представлено академиком А. Е. Ферсманом 20 III 1939)

Непосредственные данные о термическом режиме верхних слоев земной коры мы получаем, производя измерение температуры в буровых скважинах и горных выработках. Большая часть этих измерений сделана в осадочных породах. Мы располагаем весьма скудными сведениями о распределении температуры в кристаллических породах, хотя именно эти сведения наиболее важны для суждения о термальных условиях в земной коре (3, 9).

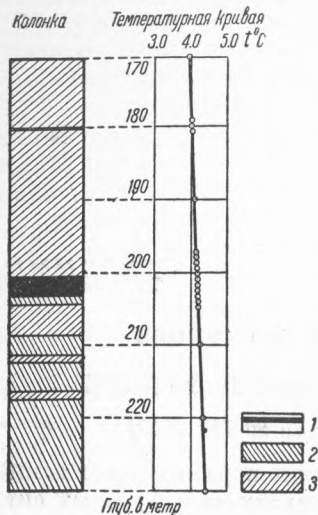
Геотермические исследования в районе Монче-тундры были организованы с целью: 1) получить материал для суждения о распределении температуры в скважинах, пройденных в кристаллических породах, и 2) для выяснения возможности применения термометра к определению местонахождения сульфидных жил.

Измерения температуры производились с 22 апреля по 31 июля 1938 г. при помощи тщательно отградуированного электрического термометра сопротивления. Для большей точности вместо обычно применяющейся 3-проводной схемы, употреблялась 4-проводная, при которой корпус термометра присоединялся непосредственно к источнику тока. Этим достигалось почти полное постоянство силы тока, очень сильно менявшейся в условиях кристаллических пород Монче-тундры при 3-электродной установке. Для полной уверенности в результатах производились дополнительные измерения максимальными ртутными термометрами.

Район Монче-тундры находится в центральной части Кольского полуострова, на западном берегу оз. Имандра ($\varphi=67^{\circ}45'N$; $\lambda=33^{\circ}E$). К расположенному в этом районе габбровому массиву северо-западного простирания с востока и юга примыкают предгорья, сложенные гнейсами свионийского возраста, основными и ультраосновными породами и породами свиты Имандра-Варзуга: эффузивными диабазами, туфогенными породами, сланцами, амфиболитами совместно с габбро, норитами и перидотитами карельского и посткарельского возраста. Температура измерялась в разведочных скважинах, пройденных на возвышенностях Ниттис, Сопчуайвенч и Кумужье, сложенных основными и ультраосновными породами каледонского или докембрийского-посткарельского возраста.

Глубина скважины колебалась от 100 до 450 м при диаметре 127—85 мм. Так как бурение скважин было окончено за несколько месяцев до начала измерений, то вызванное этим процессом нарушение температуры не должно иметь места.

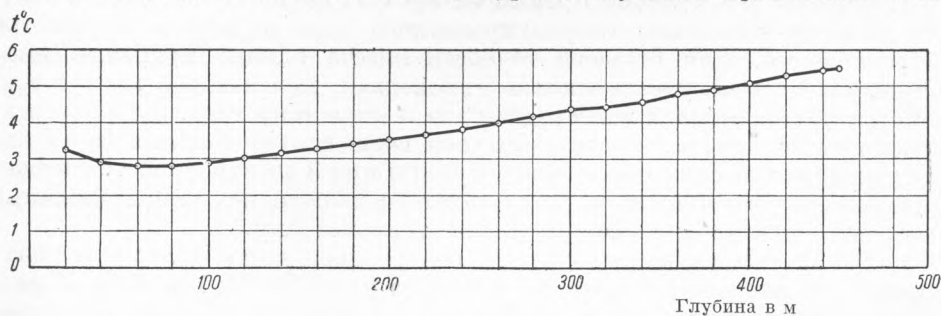
Для определения степени влияния сульфидных жил на распределение температуры с глубиной была выбрана скважина, где условия для проведения такого опыта были наиболее благоприятны. Как видно из фиг. 1, сульфидные жилы не оказали никакого влияния на распределение температуры с глубиной.



Фиг. 1.—Распределение температуры с глубиной в скважине, прошедшей сульфидную жилу (1—сульфидная жила, 2—пироксенит, 3—перидотит).

Для более глубоких скважин: 572, 226, 98, 216 и 464 определены средние величины геотермических ступеней (см. таблицу).

Как видно, в результате измерений получены очень большие величины геотермических ступеней. На территории Советского Союза нам известен один район, где повышение температуры с глубиной происходит очень



Фиг. 2.—Распределение температуры с глубиной в скважине 572 (гора Ниттис, Монче-тундра).

медленно. Это железорудное месторождение Кривого Рога, сложенное породами докембрийского возраста. Средняя величина геотермической ступени для этого района равна $112.5 \text{ м/}^\circ\text{C}$ (1). За пределами Советского Союза известно несколько мест, где термические условия глубоких горизонтов сходны с Кривым Рогом и Монче-тундрой.

В докембрийских породах Канады близ озера Онтарио, в районе Поркёпин, Клеланд получил геотермические ступени от 109.6 до $122.0 \text{ м/}^\circ\text{C}$ (2). В Ю. Африке, в Витватерсранде и руднике Кимберлей, также в древних, плотных породах разные наблюдатели указывают на ступени от 110

Местоположение скважин	Глубина в м	t°	G м/°С
г. Ниттис, 572	100	2.97	
	450	5.40	144.0
» » 226	100	2.45	
	450	4.50	170.7
» » 216	100	3.05	
	300	4.25	166.6
г. Сопчуайвенч. 98	100	3.05	
	420	5.40	136.1
г. Кумужье, 464	100	3.20	
	415	5.45	140.0

до 150 м/°С (6,7). Наконец в Швеции, в руднике Болиден, по данным Дальблома на глубине 300 м геотермическая ступень равна 77 м/°С (2).

Этими данными в сущности исчерпываются наши сведения о термическом режиме глубоких горизонтов в районах кристаллических пород. Но эти немногие данные свидетельствуют об одном замечательном факте, именно везде, где измерения сделаны в древних, кристаллических породах, наблюдаются очень большие геотермические ступени, превышающие общепринятую величину (33 м/°С) в 3—4 раза. Являются ли подобные термические условия исключением, аномалией или, наоборот, они характеризуют нормальную величину теплового потока, идущего из недр земли? Мы не можем в настоящее время ответить определенно на этот вопрос, хотя работы Ван-Орстранда, Де-Лури и других американских ученых и освещают некоторые его стороны.

Анализируя температурные данные для Канады и США, Ван-Орstrand приходит к заключению, что нужно различать два типа геотермических ступеней: один для осадочных пород (32.9—60.4 м/°С), другой для ненарушенных пород основания (54.9—109.7 м/°С) (8). Если в осадочных породах термические условия в значительной степени являются функцией различных геологических и геохимических процессов, то в «ненарушенных областях, градиенты, — как думает Ван-Орstrand, — вероятно являются минимальными и представляют нормальный градиент в том смысле, что он есть результат ненарушенного потока тепла, возникшего немедленно по затвердении коры» (9).

Де-Лури, оценивая нормальную ступень не менее, чем в 109.6 м/°С, приходит к выводу, что наиболее достоверные данные о термальных условиях земной коры мы получаем, производя измерения в докембрийских породах (3,4).

Если в настоящее время мы имеем основание утверждать, что большие величины геотермических ступеней характерны для районов древних кристаллических пород, то вряд ли мы имеем ясное представление о причинах этого явления. Не останавливаясь на разборе существующих гипотез, укажем на один фактор, который играет преобладающую роль в механизме передачи тепла из недр земли. Мы имеем в виду физические свойства горных пород, в частности их теплопроводность.

Если через породу с теплопроводностью K проходит в вертикальном направлении стационарный поток тепла q , то геотермическая ступень G будет равна

$$G = \frac{K}{q} \cdot 10^{-2}.$$

Отсюда следует, что при одном и том же тепловом потоке геотермические ступени в различных породах пропорциональны их теплопроводностям*.

Если, как отмечалось выше, геотермические ступени в древних кристаллических породах превышают т. н. «нормальную» величину в 3—4 раза, то в таком же отношении должны находиться теплопроводности этих пород. Приняв для осадочных пород $K = 2.0 \cdot 10^{-3}$, а для кристаллических $K_1 = 6.0 \cdot 10^{-3}$ (5), будем иметь $K_1 : K = 3$.

Следовательно большие геотермические ступени Монче-тундры в значительной степени могут зависеть от высокой теплопроводности плотных кристаллических пород этого района. Без сомнения здесь должны влиять и другие причины, в первую очередь тот запас холода, который сохранился со времени последнего четвертичного оледенения. К сожалению мы не имели возможности определить термические коэффициенты пород и произвести более глубокий анализ собранного материала. Надеемся, это будет сделано по окончании 1.5 км скважины, которая в настоящее время бурится в Монче-тундре.

Поступило
19 III 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. Красковский, Разведка недр, № 13 (1935). ² Th. Dahlblom, ZS. für Geophysik, H. 5/6 (1938). ³ J. S. De-Lury, Trans. Royal. Soc. Canada, Sect. IV, pp. 277—288 (1932). ⁴ J. S. De-Lury a. H. C. Lane, Pan-American Geologist, LXIV, № 2 (1935). ⁵ J. G. Koenigsberger, Beiträge zur angewandten Geophysik, 7, H. 1 (1937). ⁶ R. Krahm ann, Beitr. z. angew. Geophysik, 1, IV, S. 88—116 (1933). ⁷ R. Krahm ann, Beitr. z. angew. Geophysik, 5, H. 4 (1936). ⁸ J. Prestwich, Collected Papers on Some Controverted Questions of Geology, art. VI, p. 166—279 (1895). ⁹ C. E. Van Orstrand, Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 19, № 1 (1935).

* Пропорциональность эта будет наблюдаться только в случае бесконечно простирающегося горизонтального пласта.