

Б. С. ЭНЕНШТЕЙН

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ МЕТОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЕ В РАЙОНЕ ИГАРКИ

(Представлено академиком В. А. Обручевым 19 XII 1939)

1. Летом 1939 г. Институтом мерзлотоведения им. академика В. А. Обручева была направлена электроразведочная экспедиция в район Игарки со следующим заданием:

а) выяснить, являются ли вечно мерзлые породы этого района в естественных условиях проводниками электрического тока и б) представляется ли возможность электроразведкой методом постоянного тока определить элементы залегания вечно мерзлых пород.

Остановимся вкратце на геологической, мерзлотной и электрической характеристиках пород, слагающих район Игарки.

2. Геологическая обстановка тех площадей в окрестностях г. Игарки, где нами были произведены исследования, представляется в следующем виде. Самыми древними породами, слагающими Игарский район, являются известняки, относящиеся по всей вероятности к нижнему или среднему палеозою. На известняках залегают четвертичные отложения, представленные исключительно рыхлыми образованиями. Эти образования представлены в общем пылевато-илистыми суглинками и супесками.

Мощность четвертичных отложений весьма различна и колеблется от 1—1,5 м до 60 м и более.

3. О мощности вечно мерзлой толщи как об определенной величине, характерной для Игарского района, нельзя говорить. Благодаря различным естественно-историческим, гидрогеологическим и другим условиям мощность ее даже на небольших соприкасающихся между собой площадях имеет совершенно различные значения. Так, например, в районе старого города Игарки мощность вечной мерзлоты определяется около 60 м, а в 2—3 км от этого места, на острове «Совхозном», она определяется в 10—20 м. Больше того; на одной из площадок в районе нового города Игарки, как показывают данные электроразведки и частично буровые данные, мощность вечной мерзлоты изменяется буквально через несколько десятков метров, а именно, на расстоянии 300 м она изменяется от 10—15 м до нуля. Температура вечно мерзлого слоя по данным Игарской мерзлотной станции колеблется около $-0,5^{\circ}$.

4. В электрическом отношении породы, слагающие район вокруг г. Игарки, характеризуются следующим образом.

а) **Верхний талый слой.** На некоторых площадях удельное сопротивление верхнего талого слоя ρ_1 в общем колеблется вокруг одной

какой-либо определенной величины, например, $40 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$. На других же площадях эта величина от точки к точке варьирует в более или менее широких пределах, например, от 50 до $150 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$.

б) Вечно мерзлый слой. Удельное сопротивление вечно мерзлого слоя ρ_2 в общем не характеризуется одним каким-либо определенным значением. Параметрические измерения показали, что в зависимости от количества ледяных включений ρ_2 меняется от 600 до $1500 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$.

в) Нижний талый слой. Удельное сопротивление нижнего талого слоя ρ_3 в тех местах, где оно было установлено, колеблется около $50 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$.

г) Подстилающие коренные породы — известняки. Из всех проведенных нами зондирований видно, что их правые ветви, которые обусловлены подстилающими известняками, направлены вверх под углом, равным приблизительно 45° , к осям координат. Это значит, что известняки практически проявляют себя как горизонт с бесконечным удельным сопротивлением.

Из изложенного выше следует, что зондирования, полученные в районе г. Игарки, должны быть четырехслойными, отражая четырехслойный мерзлотно-геологический разрез (верхний талый слой — вечно мерзлый слой — нижний талый слой — коренные породы). В тех же местах, где мерзлота отсутствует и существует талик, кривые зондирований должны носить двухслойный характер. Точно так же кривые зондирований должны отражать рельефы верхней и нижней границ вечно мерзлого слоя и кровли коренных пород. В действительности все указанные положения вполне подтверждаются полученными материалами, из которых при обоснованной и правильной интерпретации удастся получить элементы залегания как мерзлых, так и талых пород. Приведем несколько иллюстраций, характеризующих результаты наших исследований.



Фиг. 1.

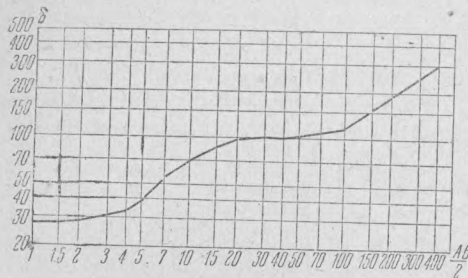
5. На фиг. 1 представлена одна из ряда кривых зондирований, которая получена на острове «Совхозном». Интерпретация ее дала возможность установить следующие величины для мощности пластов и их удельных сопротивлений:

Мощность верхнего талого слоя	$h_1 = 2,4 \text{ м}^2/\text{м}$
Удельное сопротивление верхнего талого слоя	$\rho_1 = 75 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$
Мощность вечно мерзлого слоя	$h_2 = 12 \text{ м}$
Удельное сопротивление вечно мерзлого слоя	$\rho_2 = 675 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$
Мощность нижнего талого слоя	$h_3 = 50 \text{ м}$
Удельное сопротивление нижнего талого слоя	$\rho_3 = 50 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$

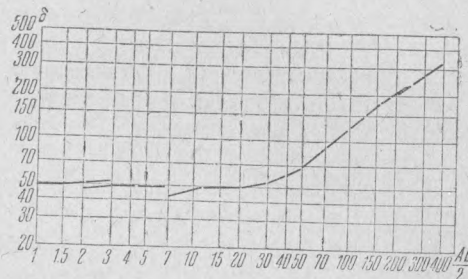
Буровая скважина, заданная в центре этого зондирования, подтвердила истинность найденных значений для h_1 и h_2 . Величину h_3 не удалось проверить буровой скважиной, так как последняя была пробурена только до глубины 17 м. Вообще о величине h_3 в месте заданного зондирования на острове «Совхозном» следует сказать, что она получена, исходя из предположения, что $\rho_3 = 50 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$. На самом же деле у нас не было возможности установить истинное значение для ρ_3 . Величина $50 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$ взята для ρ по аналогии с другими участками, где она была установлена. Вследствие этого возможно, что h_3 в некоторой степени не соответствует действительности. Но перед нами стояла задача о точном определении h_1 и h_2 ; если бы задача

ставилась также и в отношении h_3 , то необходимо было бы провести добавочные исследования для получения истинного значения для ρ_3 .

6. На фиг. 2 и 3 представлены две из ряда кривых зондирования, полученных на одной из площадок нового города Игарки. Эти зондирования



Фиг. 2.



Фиг. 3.

расположены друг от друга на расстоянии 300 м. Интерпретация их дала возможность установить следующее:

Для зондирования на фиг. 2:

$$h_1 = 3 \text{ м}; \rho_1 = 30 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$$

$$h_2 = 12 \text{ м}; \rho_2 = 600 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$$

$$h_3 = 35 \text{ м}; \rho_3 = 50 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$$

Для зондирования на фиг. 3:

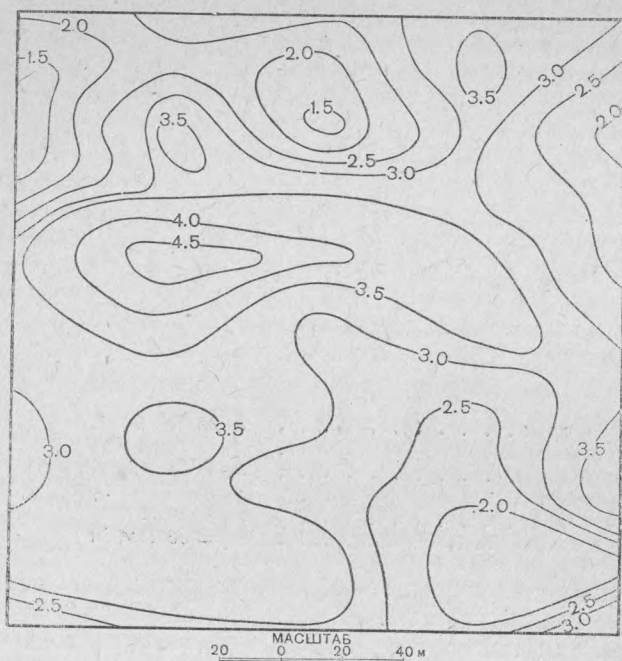
$$h_1 = 40 \text{ м и } \rho_1 = \rho_3 = 50 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$$

Отметим, что на этой площадке, так же как и на острове «Совхозном», не было достаточно глубоких скважин, чтобы с помощью кароттажа можно

было определить величину ρ_3 . Но мы здесь воспользовались группой зондирования, одна из кривых которых представлена на фиг. 3. Благодаря отсутствию на месте расположения этого зондирования вечной мерзлоты верхний талый слой сливается с нижним талым слоем, и, как видно из фиг. 3, удельное сопротивление этого общего слоя равно $50 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$. Зная значение ρ_3 , мы можем определить на этом участке не только h_1 и h_2 , но и h_3 .

7. В качестве последнего примера приведем карту рельефа верхней поверхности вечной мерзлоты на одной из площадок в районе нового города Игарки (фиг. 4).

В результате проведения ряда зондирования на этой площадке удалось установить, что удельное сопротивление верхнего талого слоя ρ_1 выдерживается во всех точках равным около $40 \text{ } \Omega \text{ м}^2/\text{м}$ и что вечная мерзлота сливается с коренными породами благодаря отсутствию под ним рыхлого



Фиг. 4.

талого слоя. Зондирования здесь имеют вид двухслойных кривых, у которых правые ветви идут под углом 45° к осям координат. Это обстоятельство позволило нам перейти от зондирований к профилированиям и по известному соотношению

$$\frac{h_1}{\rho_1} = \frac{\lambda}{\zeta},$$

где λ —половина длины питающей установки профиля, а ζ —то кажущееся удельное сопротивление, которое получается при взятой профильной установке, найти мощность верхнего талого слоя для каждой точки профиля.

На фиг. 4 изображены изолинии глубин залегания верхней поверхности вечной мерзлоты через каждые 0,5 м. Как видно, на середине выделяется полоса, где верхняя поверхность вечной мерзлоты залегает на глубинах от 4 до 5 м, тогда как в других местах она залегает на глубине 1,5—2 м. Эта полоса как раз соответствует таежной гужевой дороге, лишенной деревьев и покровной растительности. Разумеется, что при таких условиях верхняя поверхность вечной мерзлоты, действительно, должна была уйти вглубь.

Как видно из приведенных иллюстраций, поставленные перед нашей экспедицией задачи решены в положительном смысле.

Институт мерзлотоведения
им. академика В. А. Обручева
Академия Наук СССР

Поступило
21 XII 1939