Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LXI, вып. 2, 1971 г.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ СОВМЕСТНО С ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКОЙ ДЛЯ ПОИСКОВ СУЛЬФИДНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ

В. С. Музылев

Как известно, электроразведочные методы выделяют хорошо проводящие объекты, которыми могут быть как сульфидные тела, так и графитизированные зоны или зоны тектонических нарушений. Если последние часто удается определить, используя амплитудные и фазовые составляющие электромагнитного поля при дипольном профилировании [1, 2], то разделить с помощью электроразведки аномалии, связанные с сульфидными рудами и графитизированными зонами, до сих пор невозможно.

На Кольском полуострове при поисках месторождений сульфидных руд выполнялись опытные работы с применением электро- и сейсморазведки. Основанием для постановки сейсмических работ послужило предположение, что сульфидные рудные тела, перекрытые рыхлыми отложениями, должны обладать значительно большей скоростью распространения упругих волн, чем графиты и графитизированные породы. Следовательно, по величине граничной скорости, когда она определяется достаточно надежно, можно отличить сульфидные тела от графитов и графитизированных зон.

В Печенгском районе Кольского полуострова на одном из участков сначала проводилось дипольное электропрофилирование на переменном токе с аппаратурой АФИ-60, а затем на выявленных аномалиях — сейсмические работы с портативной двухканальной сейсмостанцией СПС-2, созданной в Ленинградском горном институте [3]. Эта станция предназначена для изучения небольших глубин с очень высокой точностью. Точность отсчета времени распространения упругих волн $\pm$ 0,2 *мсек* позволяла надеяться, что по величине граничной скорости можно отличить сульфидные тела от графитизированных зон даже в случае, когда их видимая мощность соизмерима с мощностью рыхлых отложений (5—10 *м*).

Бригада, обслуживающая сейсмостанцию, состояла из оператора и двух рабочих. Источником возбуждения упругих колебаний служил удар кувалды по деревянной чурке. Наблюдения проводились по системе встречных годографов на тех участках профилей, где электроразведкой выявлены электрические аномалии. При выполнении сейсмических наблюдений пункт возбуждения упругих колебаний оставался неподвижным (в пределах одного годографа), а перемещались сейсмоприемники с шагом 5 *м*, которые погружались в лунки глубиной 25—30 *см*. Затем источник возбуждения колебаний переносился на место стоянки наиболее удаленного сейсмоприемника и проводились наблюдения для получения встречного годографа.

Чтобы исключить ошибку из-за неодинаковой установки сейсмоприемников, они устанавливались строго в тех местах, что и для первого годографа.

Интерпретация полученных данных производилась как по методу полей времени с построением годографа скользящей волны, так и по методу разностного годографа и t_0 (x) [4]. При сравнении результатов интерпретации заметных различий между полученными данными не наблюдалось. Это закономерно, так как из-за значительного различия в скорости распространения упругих волн в рыхлых отложениях и в коренных породах ($\overline{V}/V_г = 0{,}1$), величина сейсмического сноса невелика. Кроме того, регистрация только первых вступлений, недостаточная детальность наблюдений по профилю (с интервалом 5 *м*), а также неточное знание изменений средней

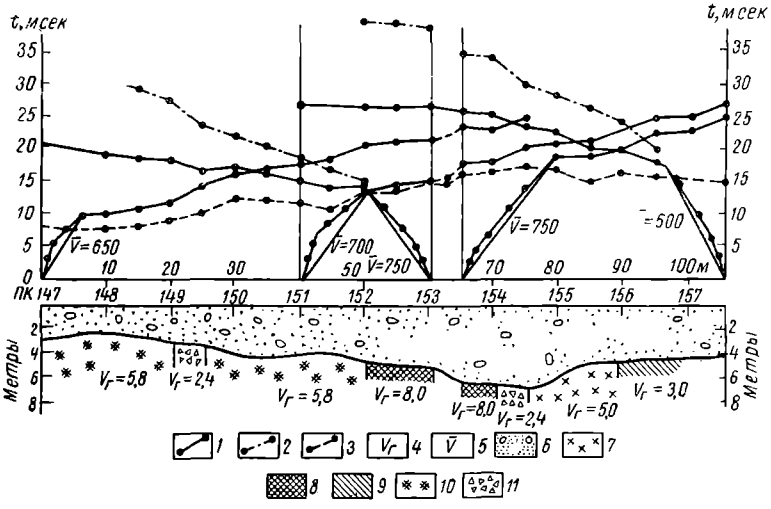


Рис. Годографы преломленных волн и сейсмогеологический разрез по профилю 185:

1 — годографы преломленных волн; *2* — разностный годограф; *3* — линия $t_0(x)$; *4* — граничная скорость, *км/сек*; *5* — средняя скорость в покрывающей среде, *м/сек*; *6* — моренные отложения; *7* — основные породы; *8* — сульфидные руды; *9* — рассланцованные породы; *10* — амфиболиты; *11* — зоны дробления

скорости в покрывающей среде $\overline{V}$ (*м/сек*)—все это не позволяет полностью реализовать преимущества метода полей времени.

Наличие небольшого уступа в рельефе коренных пород потребовало проведения в районе аномалии дополнительных наблюдений для уточнения граничных скоростей вмещающих пород, положения сульфидных тел и рельефа коренных пород. На разностном годографе (рис. 1) видны два участка с повышенной граничной скоростью $V_г$ (около 8 *км/сек*) Такая большая скорость распространения продольных волн нехарактерна не только для графитов и графитизированных зон, но и для других горных пород. По многочисленным параметрическим измерениям, выполненным в указанном районе, скорость распространения упругих волн в горных породах не превышает 6,8 *км/сек*. При сопоставлении сейсмических данных (рис. 1) с результатами дипольного электропрофилирования (рис. 2, *а*) видно, что участки с высокой граничной скоростью совпадают с амплитудной и фазовой аномалиями. Следовательно, электрическая аномалия может быть вызвана только сульфидными телами. На основании геофизических данных была задана канава, которая вскрыла два сульфидных тела, причем полу-

ченный разрез с большой точностью совпадает с разрезом, построенным по результатам сейсмических наблюдений.

Сейсмические работы проводились также и на продолжении этой электрической аномалии по профилю, расположенному под небольшим углом

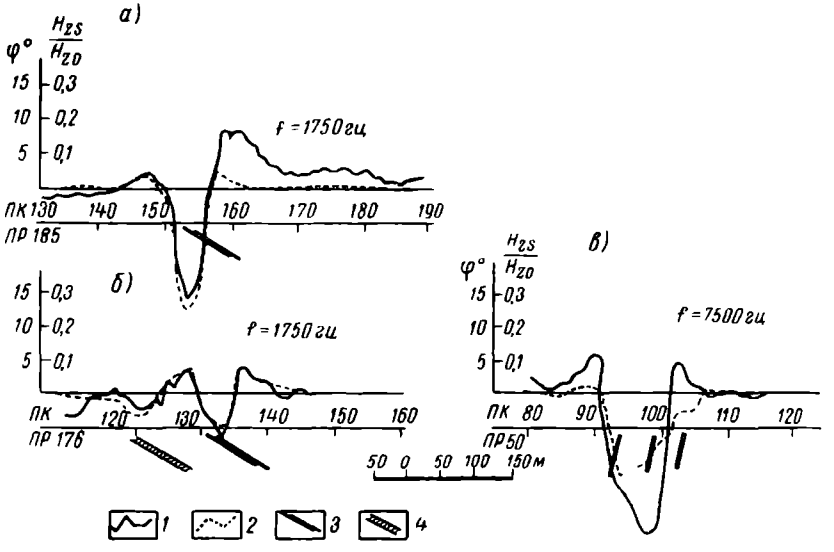


Рис. 2. Графики амплитуды и фазы дипольного индуктивного профилирования по материалам В. Х. Захарова. Установка ZZ $r = 60$ *м*:

1 — график амплитуды $\frac{H_{ZS}}{H_{ZO}}$ *2* — график фазы φ°; *3* — электропроводящие зоны по данным ДИП $\rho \sim n$ (0,1 —0,01) *омм*; *4* — электропроводящие зоны по данным ДИП $\rho \sim n$ (1,0—0,1) *омм*

к профилю 185 в 50 *м* от него. В месте пересечения этим профилем электрической аномалии на разностном годографе есть участок с повышенной граничной скоростью, которая может быть вызвана только присутствием сульфидных тел.

На профиле 176 на разностном годографе (рис. 3) также выделяется участок с повышенной граничной скоростью. При сравнении данных электроразведки (рис. 2, *б*) с результатами сейсморазведки видно, что участок с повышенной граничной скоростью совпадает с электрической аномалией. Очевидно, и в этом случае аномалия вызвана сульфидами.

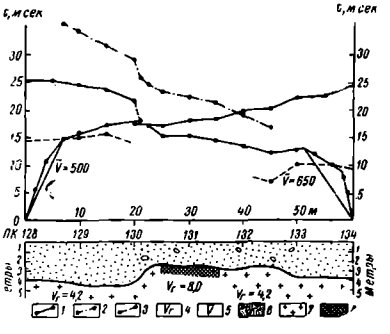


Рис. 3. Годографы преломленных волн и сейсмогеологический разрез по профилю 176;

1—6 — то же, что на рис. 1; *7* — вмещающие породы; *8* — сульфидные руды

На профиле 50 методом дипольного профилирования были выделены две зоны хорошей проводимости (рис. 2, *в*); величина их удельного сопротивления n (0,1—0,01) *омм* такая же, как и в случае, когда аномалия вызвана сульфидами (рис. 2, *а*). Однако поставленные сейсмические работы показали (рис. 4), что в этом случае участки с высокой граничной скоростью на разностном годографе отсутствуют, а определенная по нему граничная скорость составляет всего 3 *км/сек*. Такая скорость распространения продольных волн характерна для графитов, графитизированных сланцев и

других рассланцованных пород. Буровые работы подтвердили наличие графитизированных сланцев.

Приведенные, а также многочисленные другие примеры показывают, что с помощью сейсморазведки можно отличить электрические аномалии, вызванные сульфидными телами, от аномалий, связанных с графитизированными породами. При этом сульфидные тела отличаются по граничной скорости не только от графитизированных, но и от вмещающих пород.

Следует иметь в виду, что из-за малой мощности рудных тел, большой скорости распространения сейсмических волн и сложного рельефа коренных пород граничная скорость для них определяется с невысокой точностью (~ 20%), поэтому нельзя придавать большое значение ее числовому значению; важен факт увеличения граничной скорости по отношению к вмещающим породам. Повышение граничной скорости может быть связано либо с увеличением скорости распространения сейсмических волн в сульфидных рудах, либо с очень сложным рельефом коренных пород и скоростным разрезом, когда ни способ разностного годографа, ни способ полей времен непригодны для построения преломляющих границ. Небольшой объем проведенных исследований с применением сейсмо- и электроразведки при поисках сульфидных руд не позволяет подробно выяснить причины повышения граничной скорости в сульфидных рудах по отношению к вмещающим породам. Однако в приведенных примерах рельеф коренных пород сравнительно спокойный. Это дает основания связывать увеличение граничной скорости с наличием сульфидных руд.

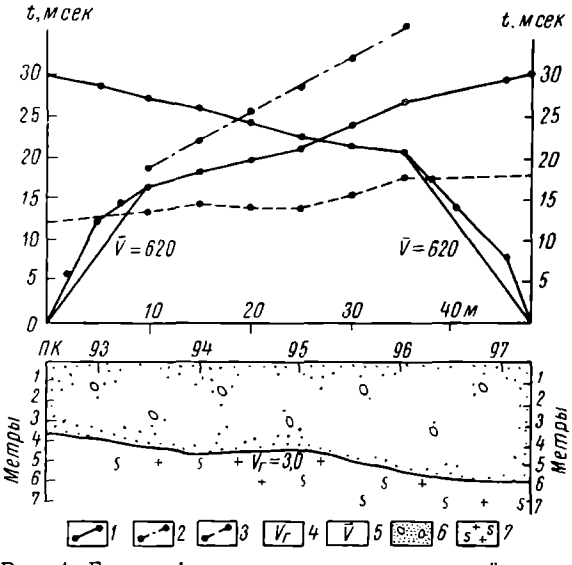


Рис. 4. Годографы преломленных волн и сейсмогеологический разрез по профилю 50:

— то же, что на рис. 1; 7 — рассланцованные графитизированные породы

Графитизированные породы и зоны тектонических нарушений на Кольском полуострове обычно скрыты только ледниковыми отложениями и могут быть легко определены по пониженным значениям граничной скорости. Поэтому, если электрическая аномалия не совпадает с участком пониженной граничной скорости, то вероятнее всего она вызвана сульфидным телом, которое не отличается по величине граничной скорости от вмещающих пород или не выходит под рыхлые отложения, т. е. является слепым.

Таким образом, применение сейсморазведки при использовании специализированных портативных сейсмостанций в комплексе с электроразведкой может увеличить эффективность поисков сульфидных руд и значительно сократить горные работы и бурение, а следовательно, время и стоимость поисково-разведочных работ. Кроме сведений о природе электрических аномалий и разновидностей вмещающих пород, сейсморазведка обеспечивает возможность определения мощности рыхлых отложений и степени их обводненности. Это позволяет обоснованно решить, какими видами горных работ или бурения следует проверять аномалию. Широкое внедрение сейсмических работ с использованием специализированных портативных сей-

смостанций в рудную геофизику, сочетание их с другими методами, вероятно, позволит решать подобные задачи и при поисках месторождений некоторых других полезных ископаемых, когда они перекрыты только рыхлыми отложениями небольшой мощности и отличаются по скорости распространения продольных волн от вмещающих пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров В. Х. Дипольное индуктивное профилирование с амплитудно-фазовыми измерениями при поисках и разведке сульфидных руд. Недра, 1967.
2. Якубовский Ю. В. Индуктивный метод электроразведки. Госгеолтехиздат, 1963.
3. Музылев В. С. Портативная сейсмостанция для изучения малых глубин. Изв. ВУЗов. Сер. Геология и разведка, 1965, № 3.
4. Гамбурцев Г. А. Ризниченко Ю. В. и др. Корреляционный метод преломленных волн. Изд. АН СССР, 1952.