Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXVI, вып. 2, 1974 г.

ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ В СЕВЕРО-ОНЕЖСКОМ БОКСИТОНОСНОМ РАЙОНЕ

Г. П. Новицкий

Планом развития народного хозяйства СССР в Северо-Онежском районе предусматривается строительство горнообогатительного комбината. В связи с этим предполагается усиление поисковых работ на бокситы. Необходимость снижения стоимости и повышения эффективности поисков неизбежно приводит к использованию в общем комплексе геофизических методов. До настоящего времени ведущим геофизическим методом при поисках бокситов в этом районе является метод ВЭЗ. Этим методом ведутся поиски депрессий в породах кристаллического фундамента, так как предполагается, что им, в свою очередь, соответствуют депрессии в девонских отложениях, потенциально перспективные на бокситы. Применение метода ВЭЗ для изучения рельефа поверхности кристаллических пород обусловливается достаточно резкой дифференциацией пород по удельному электрическому сопротивлению. Опыт работ позволяет представить геоэлектрический разрез района в следующем виде.

1. Четвертичные отложения характеризуются удельным электрическим сопротивлением 30—100 *ом·м*, наиболее часто встречающиеся значения 30—60 *ом·м*.

2. Карбонатные отложения имеют сопротивление 200—3000 *ом·м*, чаще всего 500—1500 *ом·м*. Низкие сопротивления (около 200—300 *ом·м*) характерны для разрушенных, трещиноватых известняков, а высокие (1000—3000 *ом·м*) — для плотных, монолитных известняков. Отдельные песчано-глинистые прослои среди толщи известняков имеют сопротивление 30—100 *ом·м*, но из-за небольшой мощности (единицы метров) эти прослои как самостоятельный горизонт на кривых ВЭЗ не проявляются.

3. Глинисто-песчаная толща карбона — девона и кембрия в целом характеризуется невысоким сопротивлением (как правило, не превышающим 50 *ом·м*), но довольно сильно меняющимся по площади исследований.

4. Кристаллические породы фундамента имеют сопротивление 1000—1500 *ом·м* и на кривых ВЭЗ обычно отмечаются ветвью, наклоненной к оси абсцисс под углом 45°.

Таким образом, обобщенный геоэлектрический разрез района следует отнести к типу КН (рис. 1). Изменение сопротивления и мощности отдельных слоев разреза по площади исследований, а также вероятность выклинивания некоторых слоев может обусловить наличие и других типов кривых ВЭЗ.

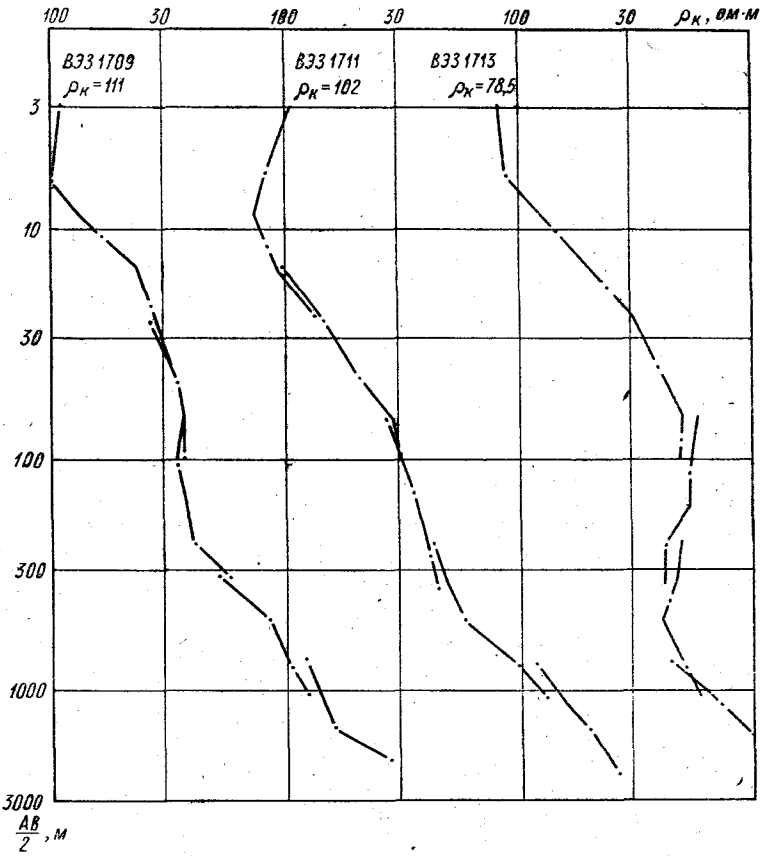


Рис. 1. Типичные кривые ВЭЗ

Как видно на рис. 1, для того чтобы установить поверхность кристаллических пород, максимальные разносы AB при ВЭЗ должны быть не менее 4—5 *км* при условии, что сопротивление известняков не превышает 500—700 *ом·м*. К недостаткам метода ВЭЗ следует отнести: 1) невозможность изучения слоев разреза, заэкранированных пластами очень высокого сопротивления, или необходимость выполнения ВЭЗ с большими разносами питающих электродов, чтобы можно было «пробить» пласты высокого сопротивления; 2) широкое действие принципа эквивалентности; 3) необходимость учета при интерпретации коэффициента анизотропии; 4) затруднения в определении сопротивления надопорного горизонта; 5) необходимость измерений в одной точке на многих разносах, что делает метод малопроизводительным.

Применение метода непрерывных частотных зондирований (НЧЗ) позволяет преодолеть многие из указанных выше недостатков. Летом 1970 г. кафедра геофизических методов разведки ЛГИ и 5-я экспедиция Западного геофизического треста провели небольшие опытные ис-

следования методом НЧЗ в Северо-Онежском бокситоносном районе с помощью аппаратуры НЧЗ-64. В качестве источника электромагнитного поля при НЧЗ используется заземленный диполь AB, питаемый переменным током, непрерывно изменяющимся в диапазоне частот от 60 до 11 000 *гц*.

Приемником поля служит либо заземленный диполь MN, либо незаземленный контур (петля). Зондирование выполнялось на одном фиксированном разносе r, который изменялся на разных точках от 200 до 1000 *м*. Использовалась экваториальная установка. Запись разности потенциалов ΔU на приемнике поля и силы тока I в питающем диполе проводилась переписцем автоматически. Длительность записи — 4 *мин* на всем интервале частот. В результате обработки полевых записей ΔU и I строилась кривая, показывающая зависимость кажущегося сопротивления на переменном токе $\tilde{\rho}_\omega$ от частоты тока f (точнее, от $1/\sqrt{f}$), которая и подвергалась истолкованию.

Кривые $\tilde{\rho}_\omega$ недалеко расположенных друг от друга НЧЗ 0 и НЧЗ 1 (рис. 2) очень близки и потому их можно рассматривать вместе. Кривые $\rho_э$ (сопротивление, полученное при измерении электрической составляющей) так же, как и кривые $\tilde{\rho}_м$ (сопротивление, полученное при измерении магнитной составляющей), на этих точках по своей форме практически не различаются, что говорит о сходном геологическом строении в этих пунктах. Кривые зондирования по своей форме могут быть отнесены к двухслойным кривым. Особенно это заметно на кривых $\rho_э$. После максимума в правой части кривой наблюдается уменьшение $\tilde{\rho}_э$ (на двухслойной палетке это уменьшение переходит в горизонтальную часть кривой), что, возможно, связано с дифференциацией коренных пород по удельному сопротивлению (рис. 3).

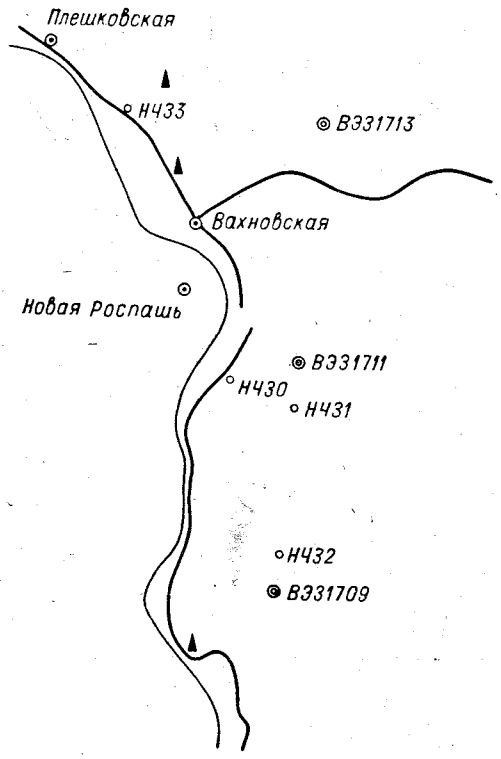


Рис. 2. Схема расположения точек ВЭЗ и НЧЗ

Иначе выглядит кривая $\tilde{\rho}_\omega$, полученная по НЧЗ 3. Кривая носит достаточно четко выраженный четырехслойный характер. После максимума $\tilde{\rho}_э$ в верхней части кривой наблюдается длинная пологопадающая часть кривой, образующая минимум на частоте около 200 *гц*. Далее наблюдается восходящая ветвь кривой, соответствующая породам кристаллического фундамента. Кривая $\tilde{\rho}_м$ также четырехслойная. Таким образом, наблюдается изменение вида кривых НЧЗ, расположенных на разных участках, что и находит свое объяснение в геологическом строе-

нии (рис. 4). Идентификация электрических горизонтов с литолого-стратиграфическими может быть проведена путем сравнения данных НЧЗ с данными бурения ряда скважин, расположенных недалеко от точек НЧЗ (см. рис. 2).

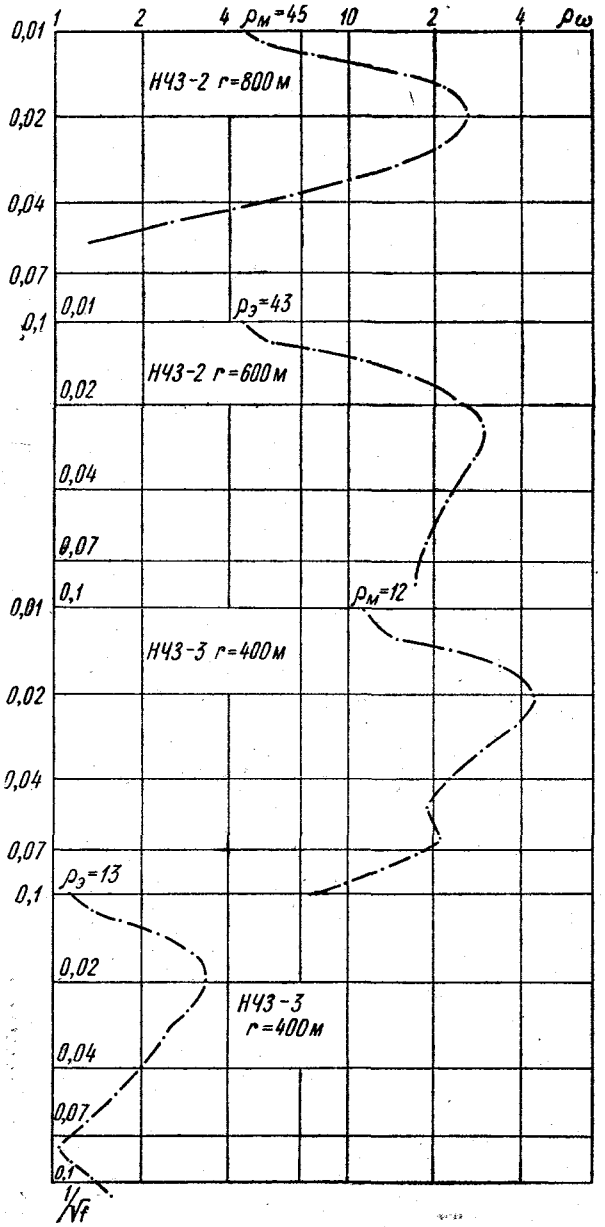


Рис. 3. Кривые НЧЗ

При количественной расшифровке двухслойных кривых $\tilde{\rho}_э$ (НЧЗ 0, 1, 2) на первой стадии использовалась двухслойная палетка для $r/H = \infty$. Верхнюю часть практически наблюденной кривой совмещали с подходящей по наклону кривой палетки и отмечали на бланке $\tilde{\rho}_э$ практической кривой положение креста палетки, соответствующее

$\lambda_1/h_1=8$. Затем находили мощность первого слоя $h_1=(\sqrt{10\rho_1}/8)(1/\sqrt{j})$, где ρ_1 — сопротивление первого слоя. Мощность первого слоя уточняли с помощью двухслойной палетки, рассчитанной для конечных разносов r/H. Глубина залегания кристаллических пород в точках НЧЗ 0, 1, 2 по кривым $\rho_м$ определялась еще и по величине расстояния между линией ρ_1 и положением максимума кривой по формуле $h_1=r/l$, где r — разнос, *м*; l — расстояние от линии ρ_1 до линии $\rho_{ч\,max}$, *см* [2, 3]. Средняя глубина залегания кристаллического фундамента в этих точках оказалась около 50 *м*, разница по вычислениям различными приемами не превышала 10 *м*.

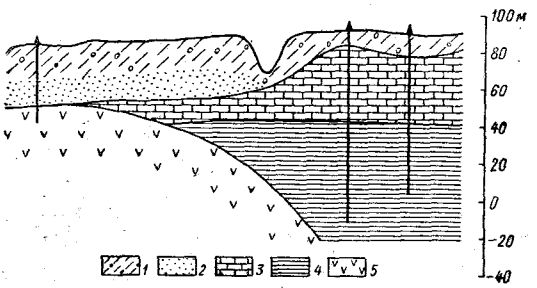


Рис. 4. Схематический геологический разрез

1 — глины валунные и безвалунные; *2* — пески, алевролиты; *3* — доломиты, известняки доломитизированные и органогенно-обломочные; *4* — аргиллиты и глины аргиллитоподобные; *5* — кристаллические породы (базальты, амфиболиты, диабазы)

Количественная расшифровка кривой $\rho_э$ НЧЗ 3 выполнена путем послойной интерпретации [1], а кривой $\rho_м$ — беспараметрическим методом [4]. Глубина залегания кристаллических пород по кривым НЧЗ 3 оказалась около 150—160 *м*. Скважины, пробуренные в этом районе до глубины около 100 *м*, кристаллического фундамента не вскрыли (см. рис. 4).

Полученные материалы свидетельствуют о целесообразности более широкого использования аппаратуры НЧЗ-64 для изучения рельефа кристаллического основания и расчленения перекрывающей его осадочной толщи в Северо-Онежском бокситоносном районе. Особенно перспективным представляется использование НЧЗ в комплексе с сейсморазведкой КМПВ, которая даст дополнительные опорные данные для интерпретации кривых НЧЗ. Преимущества НЧЗ перед ВЭЗ в данном конкретном случае (наличие высокоомных экранов в верхней части разреза) очевидны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А. И., Никитина В. Н., Скугаревская О. А. О беспалеточной интерпретации амплитудных кривых частотного зондирования, близких к двухслойным.— Изв. АН СССР, Физика Земли, 1966, № 4.

2. Эненшт ейн Б. С. Методика интерпретации трехслойных кривых электромагнитных зондирований.— Изв. АН СССР, Физика Земли, 1967, № 4.

3. Эненшт ейн Б. С. Способы интерпретации двухслойных кривых частотных зондирований.— Изв. АН СССР, Физика Земли, 1967, № 9.

4. Эненшт ейн Б. С. Беспараметрический метод определения глубины залегания кровли кристаллического фундамента по кривым частотных зондирований.— ДАН СССР, 1968, т. 181, № 2.