

Отображение проводящей пластовой залежи в электрическом поле постоянного тока

В. К. Хуторянский¹, И. П. Стоянова²

¹ Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск

² Предприятие за геофизични проучвания и геоложко картиране, 1505 София

V. K. Hutoryanski, I. P. Stoyanova — *Reflection of seam leader in constant current electric field*. By means of mathematical modelling of electric field of constant current, graphs of the anomalous field of seam leader imitating typical polymetallic deposits were derived. The following recording schemes are discussed: symmetric, combined, dipol profiling and the rarely used schemes of pure anomaly; the schemes of the method of charged body in the usual version with recording of the pure anomaly. It is shown that the amplitude of the informative component of the electric field may be increased by one order in case of normal field $\Delta U^0=0$. The scheme of observation of the pure anomaly is recommended for practical use in prospecting and exploration of geoelectrical inhomogeneities of weak contrast.

При поисках и разведке хорошо проводящих рудных залежей в комплексе геофизических методов используется электроразведка, позволяющая значительно повысить достоверность геологической интерпретации данных геофизики при изучении неглубоко залегающих рудных месторождений. С увеличением глубины залегания рудной залежи неоднозначность интерпретации увеличивается, что связано со значительным затуханием аномального поля, характеризующего изучаемый объект (З а б о р о в с к и й, 1963).

Цель данной работы — выбрать оптимальный вариант возбуждения и приема постоянного электрического поля, обеспечивающий наибольший аномальный эффект от слабоконтрастной геоэлектрической неоднородности. Для этого используется математический аппарат моделирования электрического поля постоянного тока. Рассматривается поле идеально-проводящей пластовой залежи с размерами 200×200 м, которая расположена в плоскости, наклоненной под углом 45° к дневной поверхности, верхняя кромка находится на глубине 75 м, $\rho_{cp}=1 \Omega$. Точки А, В, М и N находятся в плоскости симметрии модели. Во всех случаях ток в питающей линии равнялся одному амперу. Эта типичная модель полиметаллического месторождения.

Ниже вводятся следующие обозначения и сокращения:

СЭП — симметричное электропрофилирование;

ДЭП — дипольное электропрофилирование;

КЭП — комбинированное электропрофилирование;

МЧА — метод чистой аномалии;

ЛН — локальная неоднородность геоэлектрического разреза;

А, В — питающие заземления;

М, N — приемные электроды;

- ΔU^0 — нормальное электрическое поле, получаемое в однородном или горизонтально-слоистом полупространстве;
 $\Delta U^{ан}$ — аномальное электрическое поле;
 ΔU_{MAN} — разность потенциалов, полученная с трехэлектродной установкой MAN;
 r_{MA} — расстояние между заземлениями M и A;
 ρ_k — кажущееся электрическое сопротивление;
 ρ_{cp} — удельное электрическое сопротивление вмещающей среды;
 h — глубина залегания ЛН.

Наземные установки наблюдений

Рассмотрим наиболее распространенные схемы расположения элементов электро-разведочных установок: СЭП, КЭП, ДЭП и установки МЧА — MAN и MANB (Альпин, 1950; Блох, 1962; Вешев, 1965; Дахнов, 1954).

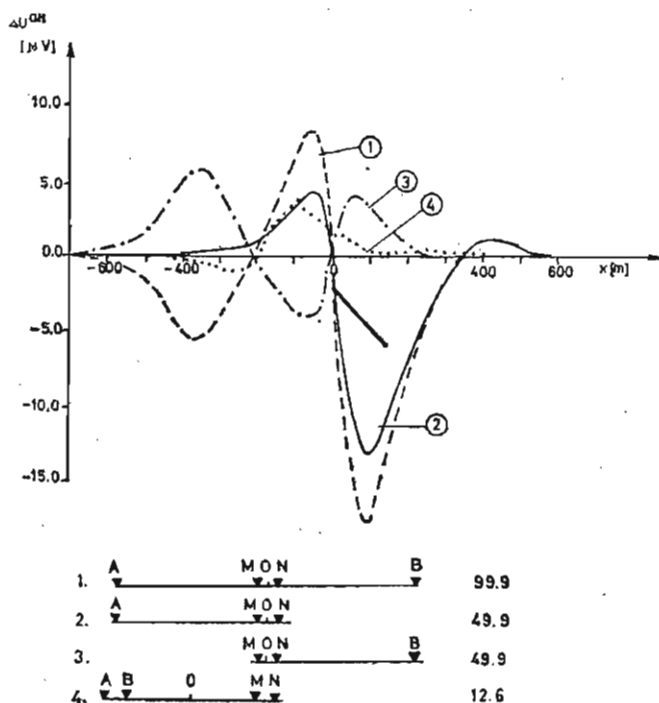


Рис. 1. Графики электропрофилирования наземными установками над ЛН

Номер графика соответствует номеру схемы расположения заземлений

На рис. 1 приведены графики $\Delta U^{ан}$, схемы расположения электродов, справа от которых указана величина ΔU^0 в микровольтах. Аномальное поле имеет довольно сложную форму. Разность амплитуд положительного и отрицательного экстремумов характеризует угол падения аномалиеобразующего объекта. Наименьшая амплитуда $\Delta U^{ан}$ у ДЭП, наибольшая у СЭП, в тоже время, нормальное поле наиболь-

шее у СЭП и наименьшее у ДЭП, таким образом, относительная аномалия, характеризуемая функцией ρ_k дипольной установки, наибольшая. Во всех случаях $|\max \Delta U^{ан}| < 18 \mu V$. Величина

$$(1) \quad \sigma = (\min \rho_k - \rho_{ср.}) / \rho_{ср.} \cdot 100\%$$

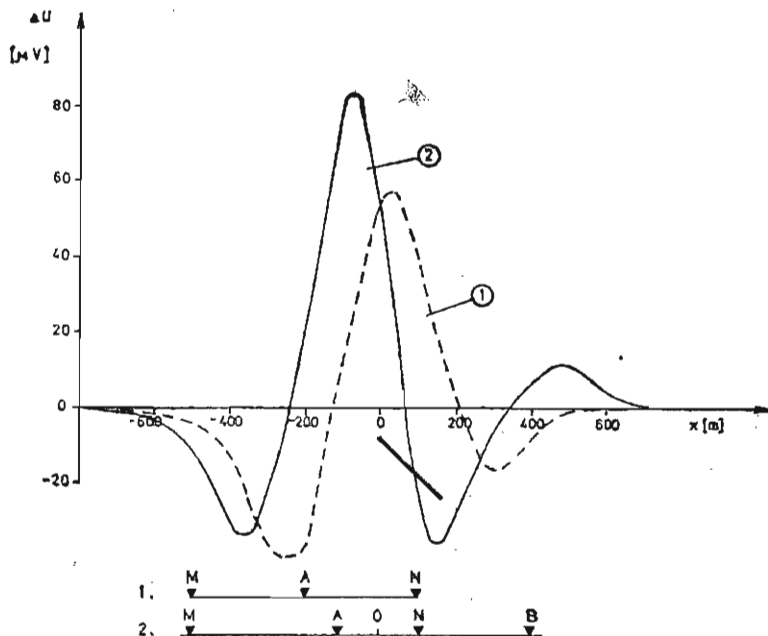


Рис. 2. Графики электропрофилирования наземными установками чистой аномалии над ЛН
Номер графика соответствует номеру схемы расположения заземлений

для СЭП равна 17%, для КЭП — 24%, для ДЭП — 28% (Б л о х, 1957; Я к о в л е в, Е р ш о в, 1974).

Если уменьшатся относительные размеры ЛН или увеличится h , то $\max |\Delta U^{ан}|$ понизится, и величина $\Delta U^{ан}$ станет практически трудно измерима даже при токе в линии АВ в десятки ампер, учитывая при этом тот факт, что с увеличением силы тока пропорционально увеличивается величина ΔU° . В связи с этим при изучении слабоконтрастных геоэлектрических неоднородностей целесообразно применять схемы возбуждения и приема электрического поля постоянного тока, исключаящие ΔU° (С а п у ж а к, 1967).

На рис. 2 приведены графики электропрофилирования, рассчитанные для установок МЧА, ΔU_{MAN} по амплитуде значительно превосходит аномальное поле всех вышерассмотренных установок и при этом $\Delta U^{\circ}_{MAN} = 0$. При производстве полевых работ отнесение одного из заземлений в бесконечность снижает производительность труда и осложняет их проведение.

Приблизим электрод В из бесконечности по прямой МN к электроду N, при этом электрод А сместим из центра МN в сторону N таким образом, чтобы $\Delta U^{\circ}_{MANB} = 0$, т.е.

$$(2) \quad \frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BM}} + \frac{1}{r_{BN}} = 0,$$

задав величины r_{BN} , r_{BM} , $r_{AM} + r_{AN} = r_{BM} - r_{BN} = L$,

из (2) получим

$$r_{AM} = \frac{a \cdot L - 2}{2 \cdot a} + \sqrt{\frac{L^2}{4} + \frac{1}{a^2}}$$

(3)

$$r_{AN} = L - r_{AM};$$

здесь обозначено

$$a = \frac{1}{r_{BN}} - \frac{1}{r_{BM}},$$

Для схемы $MANB$, изображенной на рис. 2, $r_{AM} = 209,17$ м, $r_{AN} = 390,83$ м, $r_{BN} = 300,0$ м, $r_{BM} = 900$ м.

Схемы расположения электродов $MANB$ предложены Фроловым СНИИГГ и МС, но у него нет условия $\Delta U^0 = 0$, поэтому он называет их фоновыми (Фролов, 1975).

Если для установки MAN над горизонтально-слоистой средой, то для $MANB$ в этом случае $\Delta U^0 \neq 0$, поэтому она может применяться в варианте зондирования для изучения слоистого геоэлектрического разреза. При изучении ЛН в горизонтально-слоистой среде целесообразно перемещением одного из электродов над полупространством без ЛН добиться того, чтобы $\Delta U_{MANB} = 0$, в результате будут отмечаться неоднородности на фоне нуля.

Отметим, что со схемами МЧА целесообразно проводить измерения нестационарного электрического поля вызванной поляризации, при этом уровень полезного сигнала будет так же значительно превосходить тот, который получается по схемам, приведенным на рис. 1. При этом трансформанта поля — кажущаяся поляризуемость будет изменяться от $+\infty$ до $-\infty$.

Здесь не приводятся графики ΔU над приповерхностными геоэлектрическими неоднородностями, но качественная картина поля в этих случаях не изменится, т. е. приповерхностные геоэлектрические помехи при наблюдении поля со схемами MAN и $MANB$ проявляются более контрастно в сравнении с СЭП, ДЭП и КЭП. Отношение аномалии помехи к полезной аномалии примерно равно для СЭП и $MANB$, в тоже время эта величина для дипольного профилирования в несколько раз больше, что очевидно, так как дипольная схема наблюдений обладает наименьшей глубиной исследования из рассматриваемых (Хуторянский, 1980).

Наземно-скважинные наблюдения

При разведке хорошо проводящих рудных месторождений широко используется метод заряда, при котором один питающий электрод заземляется непосредственно в рудное тело, второй относится за планшет съемки (бесконечность), а измеряют разность потенциалов в линии MN , при этом по поверхности перемещается или один электрод (съемка потенциала), или оба (съемка градиента потенциала). Если изучаемый объект находится близко к дневной поверхности ($h < 100 \div 150$ м), то получают результаты, позволяющие проводить надежную геологическую интерпретацию данных измерений. С погружением изучаемого объекта аномальное электрическое поле, характеризующее его геометрию, существенно затухает, и получить достоверные результаты интерпретации поля заряда в этом случае не удастся (Поляков, 1969; Родионов, 1971).

Предлагается при проведении работ методом заряда второй питающий электрод, относимый обычно в бесконечность, перемещать вместе с парой приемных электродов, располагая его между ними, т. е. по поверхности движется установка MAN (электрод B помещен в рудное тело), при этом $r_{MN} \approx 2h$, а электрод A располагается на прямой MN в точке, определяемой из (2), (3), т. е. наблюдение чистой аномалии.

При этом на всем планшете съемки $r_{MN} = const$, а r_{AM} и r_{AN} ($r_{AM} + r_{AN} = r_{MN}$) являются функциями координат.

На рис. 3 изображены графики нормального и аномального полей, рассчитанные над проводящим заряженным телом параметры модели геоэлектрического раз-

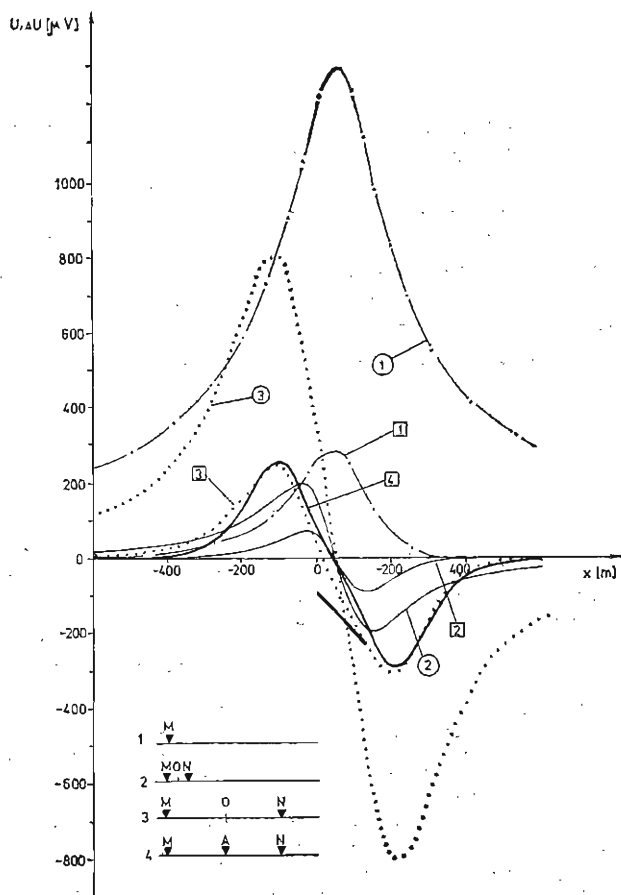


Рис. 3. Графики нормального и аномального электрического поля по профилю, проходящему над заряженной ЛН

1 — потенциал; 2, 3 — разность потенциалов; 4 — МЧА

реза те же, что и в предыдущих примерах. Аномальный эффект заряженного тела существенно превосходит тот, который получен наземными установками (см. рис. 1, 2), но при этом в той же пропорции изменилось нормальное поле, не несущее никакой информации об изучаемом объекте. Поле, полученное с трехэлектродной установкой для $r_{MN} = 300$ м, значительно больше чем для $r_{MN} = 50$ м. Увеличение размера приемной линии приводит к увеличению значений измеряемого электрического поля, помещение второго питающего заземления внутрь линии MN позволяет компенсировать нормальное поле и при этом уровень информативной составляющей электрического поля остается примерно на прежнем уровне.

Наблюдения поля вызванной поляризации с $r_{MN} \approx 2h$ в модификации МЧА позволит также существенно повысить уровень полезного сигнала.

Для интерпретации электрических полей, полученных над ЛН сложной формы, необходимо привлечение аппарата математического моделирования. А также необходимо составление альбома теоретических графиков над типичными моделями рудных залежей, как, например, прямоугольная проводящая плоскость различных размеров, находящаяся на разной глубине и с разными углами падения.

Заклучение

Описанные методики наблюдения чистой аномалии постоянного электрического тока позволяют повысить уровень полезного сигнала, что в свою очередь позволит повысить достоверность геологический интерпретации данных электроразведки, которую необходимо осуществлять с привлечением аппарата математического моделирования. Отметим, что в благоприятных геоэлектрических условиях, применение электроразведки постоянного тока в модификации МЧА совместно с другими методами геофизики для поисков и разведки залежей углеводородов, являющихся в большинстве случаев плохопроводящими неоднородностями, обеспечит большую достоверность геологической интерпретации комплекса данных геофизических методов.

Литература

- Альпин, Л. М. 1950. *Теория дипольных зондирований*. М., Гостоптехиздат. 90 с.
- Блох, И. М. 1962. *Электрпрофилирование методом сопротивления*. М., Госгеолтехиздат. 240 с.
- Блох, И. М. 1957. *Дипольное электрпрофилирование*. М., Госгеолтехиздат. 192 с.
- Вешев, А. В. 1965. *Электрпрофилирование на постоянном и переменном токе*. Л., Недра. 431 с.
- Дахнов, В. Н. 1954. *Электрическая разведка нефтяных и газовых месторождений*. М., Гостоптехиздат. 497 с.
- Заборовский, А. И. 1963. *Электроразведка*. М., Недра. 423 с.
- Поляков, А. С. 1969. *Методическое руководство по электрпрофилированию*. Л., Недра. 200 с.
- Родионов, П. Ф. 1971. *Электроразведка методом заряда*. М., Недра. 264 с.
- Сапужак, Я. С. 1967. *Высшие производные электрического потенциала в геофизической разведке*. К., Наукова думка. 154 с.
- Фролов, В. Х. 1975. Основные положения приближенно-потенциального способа электроразведки. — В: *Геофизические методы поисков и разведки месторождений рудных полезных ископаемых в Сибири*, вып. 215. Новосибирск, 78—83.
- Хуторянский, В. К. 1980. О влиянии локальных неоднородностей на наблюдения методами ВЭЗ и ВЭЗВП. — В: *Поиск глубокозалегающих рудных месторождений в Сибири геофизическими методами*. Новосибирск, вып. 278, 73—79.
- Яковлев, А. П., В. М. Ершов. 1974. Особенности поля вертикального погруженного диполя. — В: *Разведочная геофизика*. М., Недра. № 1, 58—62.

(Поступила на 12. VII. 1985 г.)