

ОЦЕНКА ГЛУБИННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАНАЛА АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СЕРИИ «ИМПУЛЬС-АЭРО»

Андрей Сергеевич Сверкунов

Федеральное государственное унитарное предприятие «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», г. Новосибирск, Красный проспект, 67, инженер, тел. (383) 222-42-03, e-mail: sverkunov86@mail.ru

В статье приводятся описание способов оценки глубины зондирований на основе модели однородного полупространства, содержащего тонкий проводящий пласт, модели тонкого проводящего диска в однородном полупространстве и двухслойной среды с изменяющейся толщиной первого слоя. А также рассмотрен способ определения глубины зондирований по оценке толщины скин-слоя и сопоставление этой оценки с перечисленными выше моделями.

Ключевые слова: «Импульс-Аэро», глубина зондирований, аэроэлектроразведка.

EXPLORATION DISTANCE'S ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETIC CHANNEL OF AEROGEOPHYSICAL SYSTEM «IMPULS-AERO» TYPE

Andrey S. Sverkunov

Federal state unitary enterprise «Siberian research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources», Krasnyi prospekt, 67, Novosibirsk, engineer, tel. (383) 222-42-03, e-mail: sverkunov86@mail.ru

In article there are described an assessment methods of sounding distances on the basis of homogeneous half-space's model that contains thin conductive layer, of thin conductive disk's model in homogeneous half-space and of two-layered medium with changing depth of first layer. Also there is reviewed a measuring method of sounding depth by estimation of skin-layer's depth and correlation of this assessment with above-mentioned models.

Key words: «Impulse-Aero», distance's assessment, airborne transient electromagnetics.

Важным этапом аэроэлектроразведочной съемки является оценка глубинности исследований, которая зависит от ряда конструктивных параметров проведения полевых работ: электромагнитный момент системы, уровень измеряемого сигнала, уровень электромагнитных помех, доверительный интервал проявления объекта поиска.

В качестве моделей геологических сред для исследований были выбраны:

1. Однородное полупространство, содержащее тонкий проводящий пласт.
2. Двухслойная среда с изменяющейся толщиной первого слоя.
3. Проводящий диск в однородном полупространстве.

А также рассмотрен способ определения глубины зондирований по оценке толщины скин-слоя и сопоставление этой оценки с перечисленными выше моделями.

Исследования проводились со следующими параметрами приемно-генераторной конструкции: ток 180 А, площадь генератора 160 м², 4 витка, момент измерителя 1 100 м². Высота полета разведочной платформы была принята за 50 м.

Однородное полупространство, содержащее тонкий проводящий пласт: Для определения глубины зондирований определялся минимальный реализуемый доверительный интервал проявления объекта $E_n(t) = \left| \frac{E(t) - E_0(t)}{E_0(t)} \right| \cdot 100\% > 20\%$. Соответствующая кривая $E_n(t)$ указывала на искомую глубину исследований.

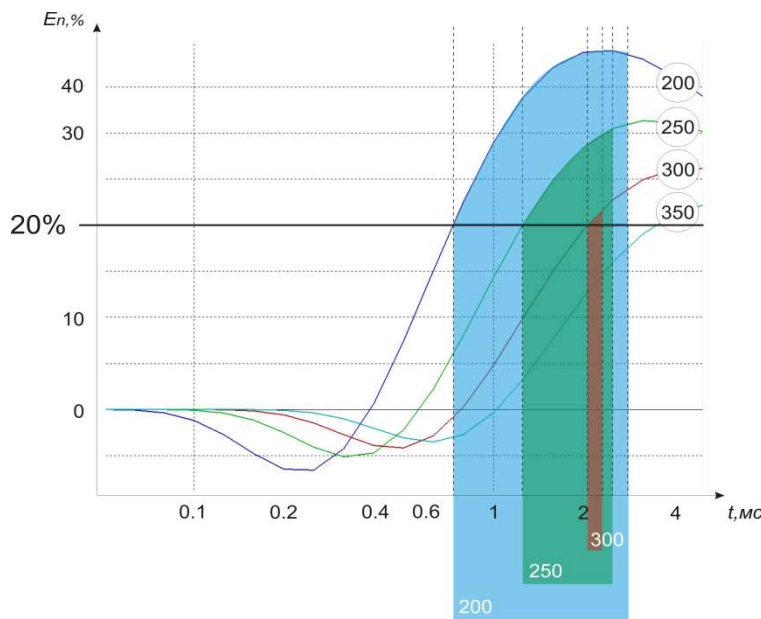


Рис. 1. Нормированные на $E_0(t)$ сигналы $E(t)$ над полупространством $\rho = 100$ Ом·м, которое содержит тонкий проводящий пласт $\rho = 1$ Ом·м, $h = 1$ м в интервале глубин 200-350 м

Как видно из рис. 1 минимальным реализуемым доверительным интервалом проявления тонкой проводящей пластины является интервал для кривой $E_n(t)$, соответствующей глубине залегания 300 метров. Исходя из этого, был сделан вывод, что искомая глубинность составляет 300 м.

Двухслойная среда с изменяющейся толщиной первого слоя: Для определения глубины зондирований определялось минимальное значение на $E_n(t) = \left| \frac{E(t) - E_0(t)}{E_0(t)} \right| \cdot 100\% > 20\%$ времени t ($E_0(t) = 10$ мкВ). Соответствующая кривая $E_n(t)$ указывала на искомую глубинность исследований.

Двухслойная среда:

№ слоя	Толщина слоя	ρ
1	h	100
2	∞	1000

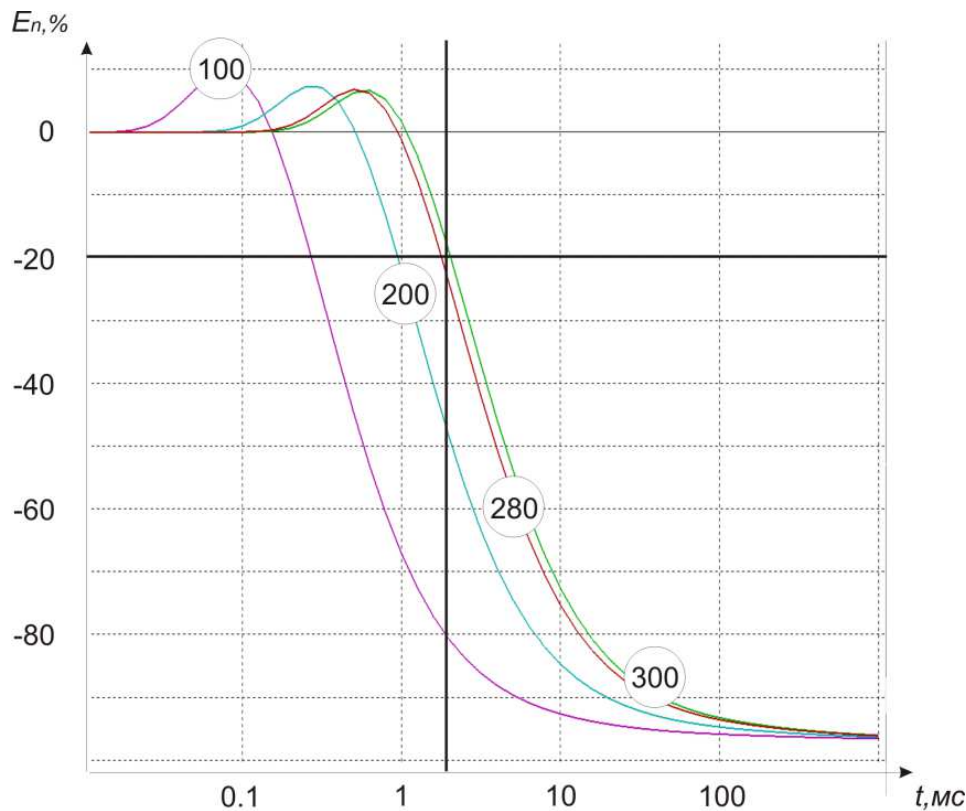


Рис. 2. Нормированные на $E_0(t)$ сигналы $E(t)$ над двухслойной средой с изменяющейся толщиной первого слоя $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ в диапазоне 100-300 м

Как видно из рис. 2, минимальное значение $E_n(t) = \left| \frac{E(t) - E_0(t)}{E_0(t)} \right| \cdot 100\% > 20\%$ е на времени $t = 7 \text{ мс}$ соответствует кривой $E_n(t)$ для 280 метров. Исходя из этого, был сделан вывод, что искомая глубинность составляет 300 метров.

Проводящий диск в однородном полупространстве: Глубинность зондирования для модели проводящего диска в однородном полупространстве определялась аналогично модели тонкого проводящего пласта в однородном полупространстве.

Как видно из рис. 3 минимальным реализуемым доверительным интервалом проявления тонкого проводящего диска является интервал для кривой $E_n(t)$, соответствующей глубине залегания 270 метров. Исходя из этого, был сделан вывод, что искомая глубинность составляет 270 метров. Кроме того, при увеличении радиуса диска, глубинность так же увеличивается и приближается к глубине зондирования в модели тонкого проводящего пласта.

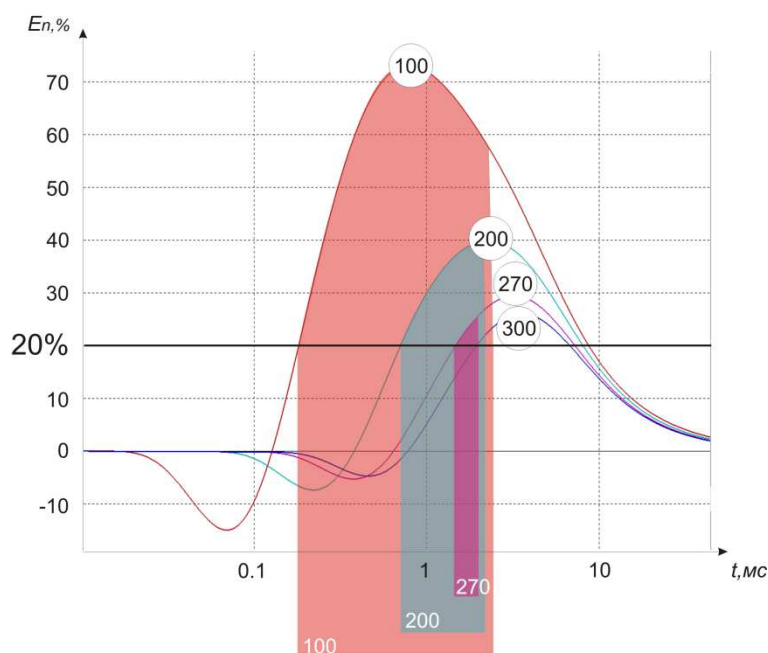


Рис. 3. Нормированные на $E_0(t)$ сигналы $E(t)$ над полупространством $\rho = 100$ Ом·м, которое содержит тонкий проводящий диск $\rho = 1$ Ом·м, $h = 1$ м, $R = 1000$, в интервале глубин 100-300 м

Определение глубины зондирования по оценке толщины скин-слоя: Во временной области толщина скин-слоя в однородном полупространстве определяется формулой: $\delta_t = \frac{1}{2} \sqrt{t_{\text{мкс}} \cdot \rho_{\text{Ом} \cdot \text{м}}}$. При этом токи, текущие внутри скин-слоя создают основной вклад в магнитное поле на поверхности полупространства (примерно 70%). Примем в среднем сопротивление верхней части разреза равным 100 Ом·м. Согласно таблице 1 время регистрации изменяется от 50 до 10000 мкс. Глубина зондирования по скин-слою в этом диапазоне составляет 35 – 500 метров. Следует учитывать, что эта глубина может оказаться нереализованной, если уровень ожидаемого сигнала не превышает среднеквадратичную помеху (после пространственно-временного усреднения) хотя бы вдвое. Например, если для наших условий этот уровень составляет 10 мкВ, то это соответствует максимальному реализуемому времени регистрации $t=2,15$ мс и глубине зондирования 462м. С достаточной для наших оценок точностью можно рассчитывать значение сигнала по формуле ближней

зоны:
$$V_z^{cr} = \frac{\mu I Q q}{20} \cdot \left(\frac{\sigma \mu}{\pi} \right)^{3/2} \cdot t^{-5/2}$$

Таблица 1. Уровень сигнала и глубина зондирования

Время, мкс	50	100	500	1000	1500	2150	5000	10000
Сигнал, мкВ	$1,2 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^4$	400	70	25	10	1,2	0,2
Глубина, м	35	50	111	158	194	231	353	500

Таким образом, максимальная реализуемая глубина зондирования составляет в нашем примере 231 м. По предлагаемой методике легко рассчитать глубину зондирования для различных параметров среды и генераторно-измерительной установки.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что определение глубины зондирования по оценке толщине скин-слоя дает заниженный результат. Поэтому для получения наиболее точной оценки глубинности при решении поисково-оценочных, инженерных задач необходимо учитывать характер поисковых объектов и использовать прямое моделирование соответствующей модели геологической среды для получения точного доверительного интервала влияния поискового объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тригубович, Г.М. Инновационные поисково-оценочные технологии электроразведки становлением поля воздушного и наземного базирования / Г.М. Тригубович // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 8. – С. 80–87.
2. Kamenetsky F.M., Stettler E.H., Trigubovich G.M. 2010. / F.M Kamenetsky // Transient Geo-Electromagnetics, L-M University of Munich, Germany, p. 306.

© А.С. Сверкунов, 2012