

Optimization of Aero-TEM Application on The Example of V.GRIB Kimberlite Pipe

I.I.Ivanova¹, G.M.Trigubovich², A.V.Chernyshov², A.V.Kuklin²

¹ AO SNIIGGiMS, ² ZAO «Aerogeophysical surveys»

Summary

When searching for and parameterizing solid minerals, the effectiveness of using geophysical methods directly depends on a number of parameters of the AeroTEM exploration system equipment and measurement method. An important place is occupied by their adjustment in the overall set of activities aimed at ensuring the required indicators of quality and reliability of measurements. The paper analyzes the aerogeophysical equipment “Impulse A7” parameter settings. Variable parameters include the characteristics of the inductor (duration of the current cut-off front) and the characteristics of the receiving devices (resonant frequency).

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРО -ЗСБ НА ПРИМЕРЕ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ ИМ.В.ГРИБА

И.И. Иванова* (АО «СНИИГГиМС»), Г.М.Тригубович (ЗАО «Аэрогеофизическая разведка»), А.В.Чернышев (ЗАО «Аэрогеофизическая разведка»), А.В.Куклин (ЗАО «Аэрогеофизическая разведка»)

Введение

Аэроэлектромагнитные геофизические системы применяются при решении широкого спектра задач. Для выбора оптимальной системы и методики съемки важно правильно оценить чувствительность и разрешающую способность оборудования по отношению к целевым объектам. Вообще говоря, требуется расчет ожидаемого сигнала и его сравнение с уровнем шума для каждой конкретной задачи. В данной работе приводятся расчеты влияния технических параметров системы на сигналы становления, а, следовательно, и на качество поисково-оценочных исследований класса геоэлектрической модели кимберлитовой трубки месторождения алмазов им.В.Гриба (рисунок 1а). Построение геоэлектрической модели выполнялось на основе геологического строения околотрубочного пространства и самого месторождения алмазов им.В.Гриба, а также значений удельного электрического сопротивления вмещающих пород, поискового объекта и перекрывающих отложений для Архангельской алмазоносной провинции из работы Н.Н. Зинчука «Петрофизика кимберлитов и вмещающих пород». Вмещающая поисковый объект геологическая среда может быть представлена следующей стратифицированной горизонтально-слоистой моделью:

1. **Усть-Пинежская** свита представлена толщей аргиллитов мощностью около 540 м с подчиненными прослоями алевролитов и песчаников. В основании геологического разреза залегает пачка сероцветных разномышленных песчаников с гравелитами. Характерная особенность строения – наличие в его составе туфогенных слоев. Среднее значение удельного электрического сопротивления (УЭС) для Усть – Пинежской свиты составляет около 200 Ом·м;
2. **Мезенская** свита мощностью до 220 м представлена преимущественно алевролитами, аргиллитами ($\rho = 37$ Ом·м) и тонкозернистыми песчаниками ($\rho = 10-388$ Ом·м), среднее значение УЭС по свите 30-35 Ом·м;
3. **Падунская** свита мощностью около 170 м представлена мелко- и тонкозернистыми песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов в нижней части разреза. Вариации литологического состава обуславливают заметное изменение кажущегося электрического сопротивления от 40 до 280 Ом·м.

В состав перекрывающего комплекса входят осадочные образования верхнего палеозоя и четвертичные отложения. Породы *нижнего карбона* представлены ожелезненными песчаниками Груборучейской свиты. Вышележащие образования среднего карбона сложены карбонатно-терригенными породами с удельным электрическим сопротивлением 140 Ом·м. Карбонатная толща *среднего - верхнего карбона* включает в себя известняки и доломиты с удельным электрическим сопротивлением 275-450 Ом·м.[8]

Четвертичные отложения представлены плейстоценовыми отложениями ледникового комплекса и голоценовыми осадками современных ландшафтов. Диапазон изменения УЭС от 30 до 800 Ом·м.

Алмазоносная трубка им.В.Гриба характеризуется слабоконтрастными петрофизическими параметрами. Жерло выполнено породами двух фаз внедрения, резко различающимися как по составу, так и по уровню алмазоносности. К породам первой фазы относятся туфобрекчии и ксенотуфобрекчии, вторая фаза представлена кимберлитами. Для ксенотуфобрекчий удельное электрическое сопротивление – 45 Ом·м, для кимберлитового тела – 10 Ом·м [8].

Решение прямой задачи осуществлялось с помощью трехмерного численного моделирования в программном комплексе EM-DataProcessor.

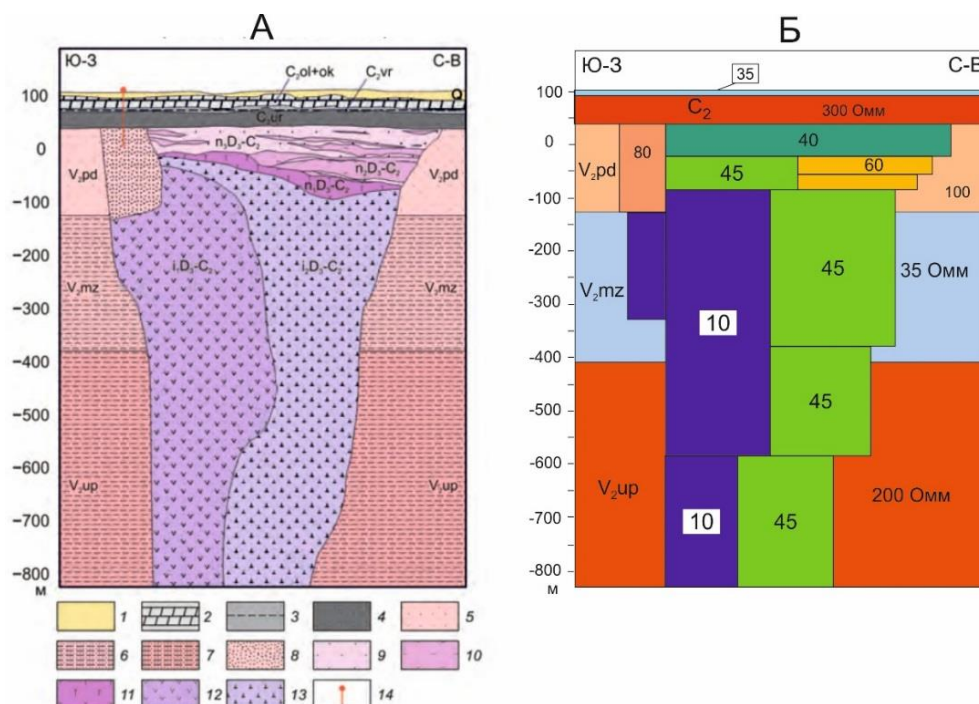


Рисунок 1. Геологический разрез трубки им.В.Гриба (А): 1 – четвертичные отложения; средний карбон: 2 – олмугоокувская, 3 – воереченская, 4 – урзугская свиты; верхний венд: 5 – падунская, 6 – мезенская, 7 – усть-пинезская свиты; 8 – зона дробления; кратерная фацция: 9 – третья, 10 – вторая и 11 – первая пачки; жерловая фацция: 12 – первая, 13 – вторая, 14 – проектная скважина [10] и упрощенная геоэлектрическая модель месторождения алмазов им.В.Гриба (Б)

Предполагается, что аэрогеофизические измерения ЭДС(t) выполняются непосредственно над центром поискового объекта. Установка соосная, параметры приемно-генераторной установки следующие: диаметр генераторного контура составляет 14,2м, количество витков в генераторе равно 4, магнитный момент приемной катушки составляет 1000 м², высота полета 30м.

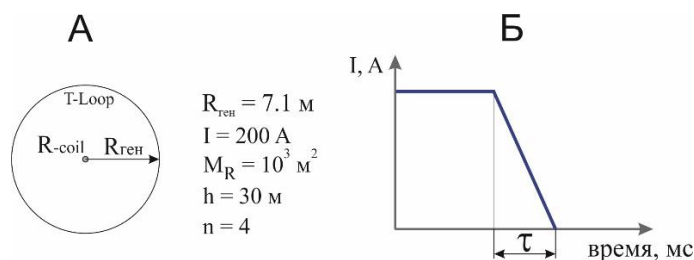


Рисунок 2. Схемы параметров «Импульс-Аэро»: а) приемно-генераторной установки, где T-Loop – контур источника, R-coil – приемная катушка, Rген – радиус генератора, I – сила тока в источнике, M_R – магнитный момент приемного устройства, h – высота полета, n – количество витков в приемной катушке; б) формы тока в источнике, где τ – длительность фронта выключения тока в источнике.

Для расчетов используется значения импульса в форме ступени с линейным спадом выключения тока различной длительности τ (Рисунок 2Б) в диапазоне от 0 до 2мс, при этом начальное время измерения (t_0) соответствует времени начала выключения тока в генераторном контуре. Приемная катушка измеряет сигнал становления с точностью до 1 мкВ.

Для четкого определения наличия объекта требуется разница в сигнале от среды без объекта и с объектом (аномальная составляющая) минимум 10 мкВ.

По результатам расчетов абсолютная аномалия ЭДС(t) для всех рассмотренных вариантов τ составляет более 10 мкВ. Видно, что чем меньше длительность фронта спада, тем больший эффект оказывает аномальный объект (рисунок 4). При длительности спада 0,01 мс он составляет около 85%. При увеличении длительности спада тока в индукторе относительные значения аномалии снижаются, а пик смещается в область более поздних времен (рисунок 5). При $\tau=2$ мс относительная аномалия составляет около 65%.

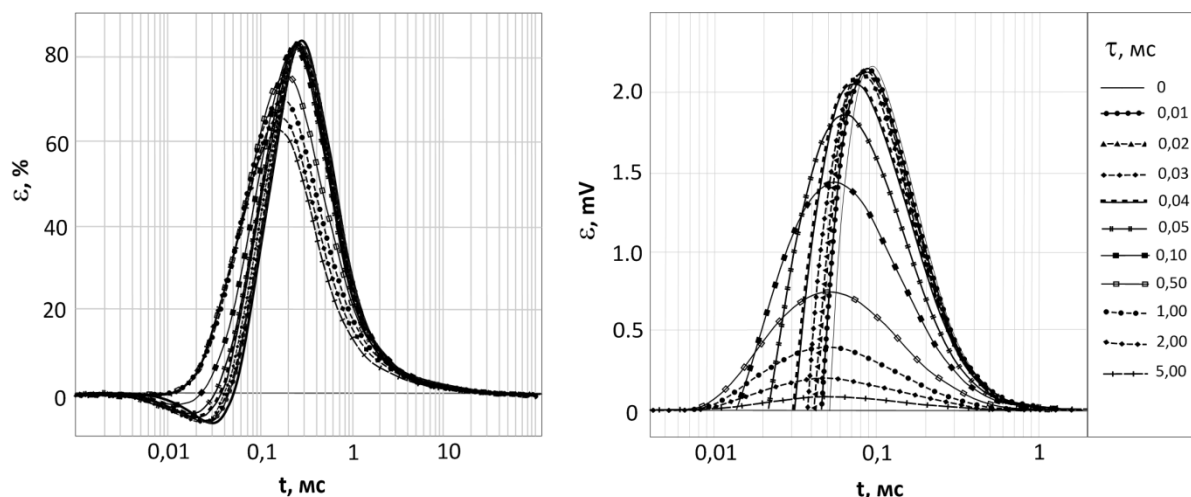


Рисунок 3. Относительная аномалия от кимберлитовой трубки при различной длительности спада тока в индукторе по результатам расчета

На графике абсолютной аномалии от кимберлитовой трубки значения отклонения суммарного от нормальных сигналов становления поля при $\tau=0$ мс составляет в положительной области 2,14 мВ, а при $\tau=2$ мс – 0,19 мВ. Значит при увеличении длительности спада тока в генераторном контуре с 0 до 2 мс, значение абсолютной аномалии снижается более чем в 10 раз.

Для анализа полученных результатов в данной работе проведено сопоставление уровня аномалии от установок с формой тока в виде полусинуса, обладающей большим дипольным моментом, и установкой Импульс-Аэро (рисунок 4). Расчеты показывают, как увеличение длительности спада тока в индукторе уменьшает значение аномалии от объекта.

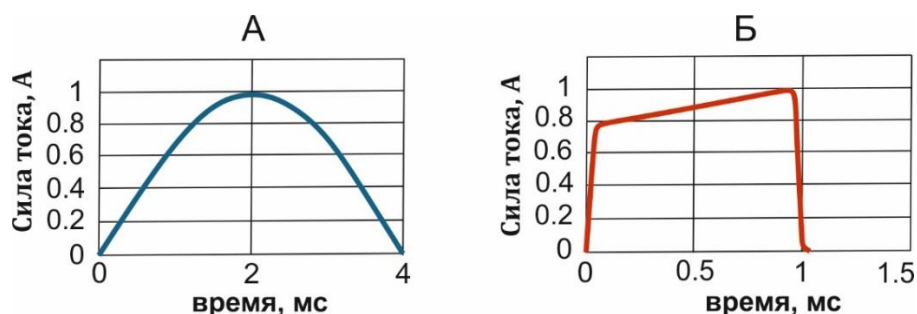


Рисунок 4. Форма тока в источнике и параметры оборудования: а) Полусинус, б) Импульс-Аэро

Значения аномалии от поискового объекта такого типа для оборудования Импульс-Аэро выше, чем у систем с полусинусоидальным импульсом тока и большим магнитным моментом.

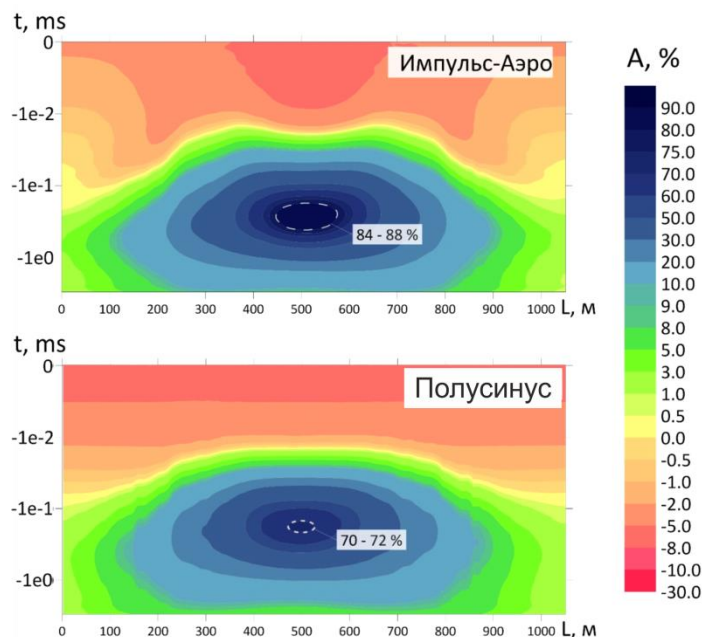


Рисунок 5. Сопоставление абсолютной аномальной составляющей сигнала от кимберлитовой трубки им. В.Гриба для установок с полусинусоидальным импульсом тока и «Импульс-А7»

Выводы

Численное трехмерное моделирование данных аэро-ЗСБ на примере трубки им.В.Гриба показывает, что при поисково-оценочных исследованиях нет необходимости увеличивать массогабаритные параметры аэрогеофизических электроразведочных систем. Увеличение разрешающей способности по локализации поисковых объектов можно достичь, уменьшив длительность фронта выключения тока главного индуктора и увеличив резонансную частоту приемника. Анализ результатов численных экспериментов для поисковых систем показывает, что для поиска объектов типа кимберлитовой трубки им.В.Гриба эффективнее применение ЭМ-системы с меньшим магнитным моментом и весом (Импульс-аэро), чем у известных аналогов с большей длительностью фронта выключения тока и заниженной полосой пропускания измерительных датчиков.

Библиография

1. Тригубович Г.М., Персова М.Г., Соловейчик Ю.Г. 3D-электроразведка становлением поля. – Новосибирск: Наука, 2009. – 211 с.
2. James Macnae., Correcting EM system bandwidth limitations, ASEG Extended Abstracts, 2015:1, 1-4, DOI: 10.1071/ASEG2015ab060
3. Каменецкий Ф.М., Тригубович Г.М., Чернышев А.В. Три лекции о вызванной поляризации геологической среды – Мюнхен: Вела Ферлаг, 2014. – 58 с.

References

1. Trigubovich GM, Persova MG, Soloveichik Yu.G. 3D electrical prospecting by the formation of the field. - Novosibirsk: Nauka, 2009. --211 p.
2. James McNay., Correcting EM Bandwidth Limitations, ASEG Extended Abstracts, 2015: 1, 1-4, DOI: 10.1071 / ASEG2015ab060
3. 3. Kamenetsky F.M., Trigubovich G.M., Chernyshev A.V. Three lectures on induced polarization of the geological environment - Munich: Vela Verlag, 2014. - 58 p.