УДК 550.837.83:550.812.1

Ю.В.КОРОТКОВ
«АЛРОСА-Поморье» АК «АЛРОСА», Архангельск, Россия

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ПРИ ПОИСКАХ ОБЪЕКТОВ ТРУБОЧНОГО ТИПА В РАЙОНАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Приведены результаты применения импульсных электромагнитных зондирований (метод МПП) для поисков алмазов. Проанализированы исследования прошлых лет. Рассмотрены методика и результаты работ в Архангельской алмазоносной провинции с использованием современной аппаратуры и программных средств. Показана эффективность использования метода для решения поисково-прогнозных работ.

Results of employing of pulsed electromagnetic soundings method (MPP) of diamond deposits are presented. Investigations in the past are analyzed. Methodic and results of investigations, which have been out using modern-day equipment and software in Arkhangelsk diamond province, are described. Efficiency of application of the MPP-method in the process of predictive-prospecting investigations is analyzed.

В данной работе представлены результаты электроразведочных работ методом переходных процессов (МПП, модификация МППО), выполненных по известным объектам и аномальным участкам на территории Архангельской алмазоносной провинции (ААП). Хотелось бы отметить, что метод МПП в модификации зондирования является относительно «молодым». В то же время, благодаря его эффективности и результативности, в литературе широко обсуждается феномен «высокоразрешающей электроразведки» [3]. Это, в свою очередь, хорошо подтверждается практическими исследованиями на многих уже известных телах, а также на телах, ранее не вскрытых бурением.

В МПП локализация объектов обычно осуществляется на основе расчета вертикальных разрезов кажущегося сопротивления и кажущейся проводимости и аналитического продолжения аномального поля в нижнее полупространство. При поисках кимберлитовых тел продуктивной является, в основном, толща, локализованная в пределах первых 250-300 м, включающая в себя массив перекрывающих и вмещающих пород; при этом бурением заверяется обычно толща $h = 120 \div 150$ м. Соответственно, отсюда и основное требование к геофизической аппаратуре – это высокая разрешающая способность.

В России и за рубежом существует широкий выбор электромагнитных технологий, предназначенных для решения разнообразных геологических задач. По своим параметрам для районов ААП наиболее подходящей является портативная аппаратура TEM-FAST48. Имея небольшие размеры, маленький вес и высокую производительность, она может работать с антеннами от 10×10 до 500×500 м, с импульсными токами до 4 А при пороге чувствительности 1 мкВ при глубине зондирования $h = 3L$ (L – длина стороны петли). Эти характеристики аппаратуры позволяют применять ее для высокоточных исследований на ограниченных территориях.

Для оценки возможностей данной аппаратуры автором, при поддержке руководства компании «АЛРОСА-Поморье», был выполнен целый ряд исследований в различных геологических обстановках, включая сложные условия Балтийского щита и Якутии. Проведенные работы на таких известных объектах, как трубки им. М.В.Ломоносова, Пионерская, Поморская, Октябрь-

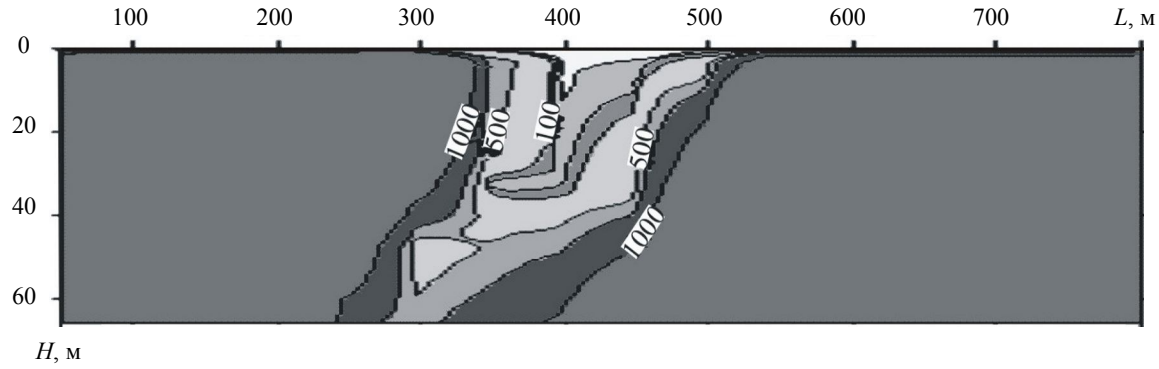


Рис.1. Эффективность применения метода МПП (в модификации зондирования) с использованием портативной аппаратуры TEM-FAST48 для моделирования алмазоносных трубок

ская, Рождественская, Белая, 688, 494а, 693, 711, 713, 470, 495, 478 и другие, относящиеся к ААП, а также на четырех трубках на территории Финляндии и двух трубках Якутии, показали хорошие результаты (рис.1).

Данные диатремы представлены, в основном, крутопадающими и наклонными локальными объектами, а полученные от них экспериментальные кривые (графики) эффективных параметров в дальнейшем могут быть использованы в качестве «эталонов» при анализе полевых данных МПП и позволят значительно облегчить отсортировку аномалий-помех, включая аномалии, получаемые от проводящих вытянутых зон. Кимберлитовые тела образуются в зонах рудовмещающих разломов, чаще всего в качестве их выступают трещины скола, изредка трещины отрыва, оперяющие зоны рудоконтролирующих разломов, и это хорошо подтверждается практикой.

Любое разрывное нарушение можно представить, в зависимости от детальности исследований, либо в виде дизъюнктивной границы (условной плоскости), либо в виде геологического тела, объем которого формируется в результате линейной деструкции коры. В этом случае удобнее говорить не о разломе, а о зоне его динамического влияния (ЗДВР), под которой понимается область деформации, связанная с формированием разлома и движениями по нему. В пределах этих зон горные породы подвержены реологическим, физическим, петрографическим и структурным преобразованиям. Для них, в первую очередь, характерна повышенная трещиноватость, наличие зон интенсивного дробления, изменение физических параметров, в частности сопротивлений пород, диэлектрической проницаемости, магнитной восприимчивости эффективной плотности, влажности. В целом, по определению А.Д.Петровского [5], это взаимно увязанное распределение в пространстве геологических признаков и физических параметров.

Проводились специальные исследования по изучению физических параметров на трубках и прилегающих участках [2]. В ходе работ была выявлена отчетливая дифференциация многих петрофизических параметров между телами и вмещающими породами. Помимо этого были обнаружены латеральные изменения этих свойств, по ТЕМ-данным они хорошо отслеживаются на значительном протяжении, причем, в основном, по контактовой части. По всей видимости, в этих местах образуются благоприятные условия для проникновения влаги, создающей при этом так называемый двойной электропроводящий слой, при пропускании тока через который индуцируются вихревые токи. Формально можно сказать, что в этом случае происходит изменение электропроводности среды, и на геоэлектрических срезах $\rho_k(h_k)$ чаще всего просматриваются вытянутые проводящие зоны, иногда в виде отдельных фрагментов вертикальных проводников, на фоне которых различаются локальные объекты.

К примеру, трубка им. М.В.Ломоносова (рис.2) представляет собой ассоциацию не-

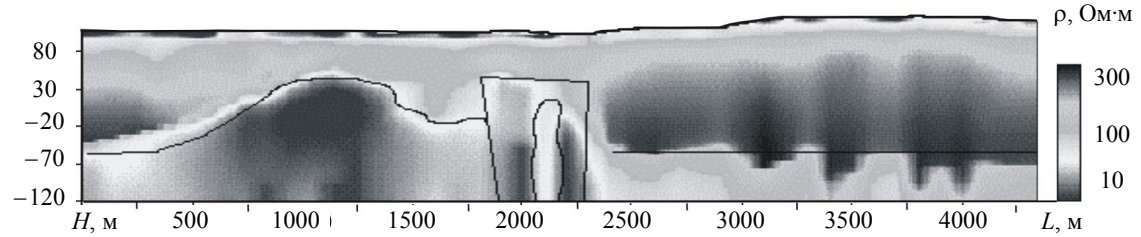


Рис.2. Геоэлектрический разрез-трансформация ТЕМ-данных через трубку им. М.В.Ломоносова

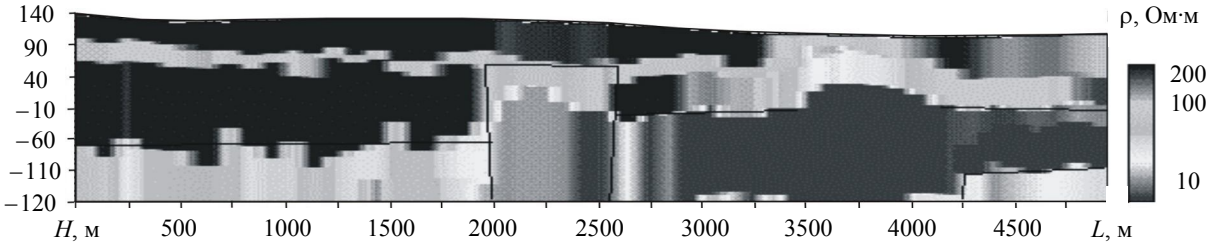


Рис.3. Разрез-подбор через трубку Пионерская

скольких фаз, внедрившихся в течение относительно короткого промежутка времени. Это один из примеров сложного проявления кимберлитового магматизма в природе, позволяющий судить о многообразии и индивидуальности такого рода проявлений.

Был выполнен пересчет сигналов $E(t)$ в ρ_k как функции глубины исследования, $(E(t) \rightarrow \rho_k(h_k))$ (рис.2). Эта процедура удачно реализована в программе ТЕМ-RESEARCHER [1]. Она не требует априорных знаний о разрезе и не содержит каких-либо ограничений на горизонтальную однородность исследуемой среды. Напротив, $\rho_k(h_k)$-трансформации данных по профилю наблюдений позволяют достаточно надежно проинтерпретировать их в условиях резко негоризонтальных сред. И это очень важно, особенно на стадии поисковых работ. В первую очередь, можно очень быстро оценивать разрез качественно и в дальнейшем использовать эти построения в виде предварительной модели при обработке методом подбора.

Имеющийся опыт показал, что разрезы и, соответственно, срезы, полученные по пересчитанным сигналам $\rho_k(h_k)$, позволяют выделить все изменения, не характерные для горизонтального залегания слоев. Кроме того, в данном случае исключается субъективный фактор при обработке материала неопытным специалистом, что тоже иногда имеет важное и порой решающее значение в судьбе проверяемой аномалии. Особый интерес представляют результаты наблюдений по аномальным участкам, где впоследствии были обнаружены тела, к примеру трубки Рождественская и 493а (аномалия К3-А). На разрезе отчетливо проявилась вертикальная неоднородность по ρ_k, совпавшая с магнитной аномалией. Подобным образом на ТЕМ-разрезах отобразилась расположенная в 3 км северо-восточнее известная ранее трубка № 688, что и позволило отнести выделенную неоднородность к разряду трубочного типа. До постановки бурения в целом на этой аномалии была отработана площадка площадью 1000 × 1000 м петлей, размер которой составляет 100 × 100 м. На построенных срезах $\rho_k(h_k)$ на разной глубине отчетливо проявлена вытянутая в северо-восточном направлении проводящая зона шириной 250-300 м с локальным проводником (150 × 200 м) в центре.

Помимо трансформаций в программе используется обработка на основе подбора кривых с учетом априорной информации. В качестве примера рассмотрим разрез-подбор по трубке Пионерская (рис.3). Трубка расположена на краю большого тектониче-

ского нарушения и отчетливо проявляется на разрезе, так как с запада она ограничена областью субгоризонтального залегания пород, а с востока маркируется ярким проводником. Последний, предположительно, связан с разгрузкой по ослабленной зоне разлома минерализованных вод с глубины 425-450 м, наличие которых подтверждено глубинным бурением (скв.180,181,183 и др.).

В латеральном измерении (на срезах разной глубины или времени) такого рода проводники прослеживаются в виде вытянутых по направлению разлома хорошо проводящих зон, имеющих значения кажущегося сопротивления, близкие к нулю. К тому же они «не оторваны» от проводящих ниже залегающих горизонтов, в отличие от проводящих зон, связанных с палеодолинами, т.е. имеют глубинное происхождение. На геоэлектрических разрезах такие зоны выделяются значительными поднятиями над этими горизонтами (на ТЕМ-разрезах это хорошо видно). Примером может служить проводящая зона в Золотицком разломе у трубки Пионерская, которая в поперечном сечении достигает порядка километра и вытянута на несколько километров вдоль разлома. По краям этой зоны расположены три известные трубки: Пионерская, Поморская и им. М.В.Ломоносова. Подобные зоны наблюдают и на других участках. В случаях приуроченности трубок к относительно небольшим разломам эти зоны менее интенсивны по электропроводности и, соответственно, имеют меньшую контрастность с вмещающими породами. В зонах контактов трубки со стенкой разлома наблюдается вертикальный проводник. Практически на всех геоэлектрических разрезах трубок по ТЕМ-данным наблюдается подобная картина. При проведении интерпретации очень важно иметь данные в площадном варианте.

В заключение хотелось бы отметить, что все внедрения не проходят бесследно, а вносимые изменения проявляются поразному. В одних случаях они существенны и могут быть хорошо выделены, но в большинстве случаев слабо контрастны и имеют с вмещающими породами незначительные различия по сопротивлению (1,5-2,0 раза), поэтому могут быть выделены не всеми приборами. Эти изменения для каждой трубки практически индивидуальны, поэтому при исследованиях на разрезах необходимо выделять и, соответственно, уделять внимание всем отклонениям от нормы, используя при этом более детальные измерения, порой забываемые при проектировании работ. Применяемая в практике методика ведения поисковых работ в основном ориентирована на разбраковку магнитных аномалий бурением по принципу установления или отсутствия искомого объекта; при этом природа аномалии практически не устанавливается. Место закладки скважин определяется характеристиками (чаще всего по результатам разностных трансформант), и лишь иногда учитываются данные электроразведочных работ. Статистический анализ данных аэроэлектроразведочных работ показал, что до 80 % известных тел на исследованной площади ААП расположены в пределах зон повышенной проводимости, выделенных формализованным путем и обусловленных зонами трещиноватости, а объекты, не попавшие в зоны, представлены, в основном, силлами [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Барсуков П.О.* Трансформация квазистационарных переходных процессов геоэлектрики в эквивалентные волновые / П.О.Барсуков, Б.С.Светов // Физика Земли. 1984. № 8. С.29-34.

2. *Зинчук Н.Н.* Петрофизика кимберлитов и вмещающих пород / Н.Н.Зинчук, А.Т.Бондаренко, М.Н.Гарат. М.: Недра, 2002. 135 с.

3. *Каменецкий Ф.М.* Электромагнитные геофизические исследования методом переходных процессов. М.: ГЕОС, 1997. 160 с.

4. *Кутинов Ю.Г.* О структурно-тектоническом контроле эксплозивных тел Зимнего берега по данным аэроэлектроразведки // Изв. вузов. Геол.и разведка. 1991. № 6. С.37-42.

5. *Петровский А.Д.* О некоторых общих вопросах комплексирования методов скважинной и шахтной геофизики // Тр. ЦНИГРИ. 1975. Вып.120. С.64-73.