УДК 550.372:552.323.6 (571.56)

А.В.МАНАКОВ, Е.В.ПОСПЕЕВА, В.А.МАТРОСОВ
ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА», Мирный
А.К.САРАЕВ
Санкт-Петербургский государственный университет
Д.А.АЛЕКСЕЕВ
ООО «Северо-Запад», Москва

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ В АЛМАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТАХ

Приведены результаты применения метода магнитотеллурических зондирований для поисков алмазов. Проанализированы исследования прошлых лет. Рассмотрены методика и результаты работ в Мирнинском кимберлитовом поле с использованием современной аппаратуры и программных средств. Показана эффективность использования метода для решения поисково-прогнозных, картировочных и инженерно-геологических задач.

Results of employing the method of magnetotelluric soundings for prospecting of diamonds are given. Investigations of past years are analyzed. Methods and works' results in Mirny kimberlite field with application of modern equipment and software are described. Efficiency of applying the method for solving forecast-prospecting, mapping, and engineering-geological tasks is shown.

В центральной и южной частях Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) в 70-80-е годы прошлого века были выполнены региональные магнитотеллурические зондирования (МТЗ). Их проводили Западно-Якутская геофизическая экспедиция и Восточно-Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья. Использовались станции ЦЭС-1,2. Расстояние между зондированиями составляло около 10 км, диапазон периодов 0,06-10000 с. В литосфере выделили два регионально распространенных проводящих слоя [1]. Нижний слой имеет сопротивление несколько ом-метров и совпадает с мантийным волноводом (астеносферой). В пределах ЯАП он, начиная с глубин 200 км, постепенно выклинивается. Верхний проводящий слой картируется в районе границы Мохоровичича. Глубина его залегания составляет 35-40 км, сопротивление 75-150 Ом·м, а мощность около 50 км. Структуру региональной электропроводности объяснили геотермическим и флюидным режимами. Также была установлена латеральная неоднородность литосферы.

На территории ЯАП выделили две наиболее крупные неоднородности высокого сопротивления [1]. Первая располагается в центральной части Малоботуобинского кимберлитового района. Глубина залегания ее верхней кромки 10 км, а сопротивление $5 \cdot 10^3$ Ом·м. Вторая неоднородность с глубиной залегания 30 км и сопротивлением $(2\text{-}5) \cdot 10^3$ Ом·м выделена в Муно-Тюнгском кимберлитовом районе. Авторы [1] предположили, что наиболее вероятным источником этих аномалий являются продукты кристаллизации магматических расплавов. Высокоомные неоднородности иногда сопровождаются изометричными в плане размерами десятки километров, субвертикальными проводящими зонами. Для их образования необходим привнос токопроводников, который возможен лишь по проницаемым зонам. В качестве возможного варианта образования таких структур был предложен механизм теплового разуплотнения пород [1, 3]. Проводящие неоднородности, распо-

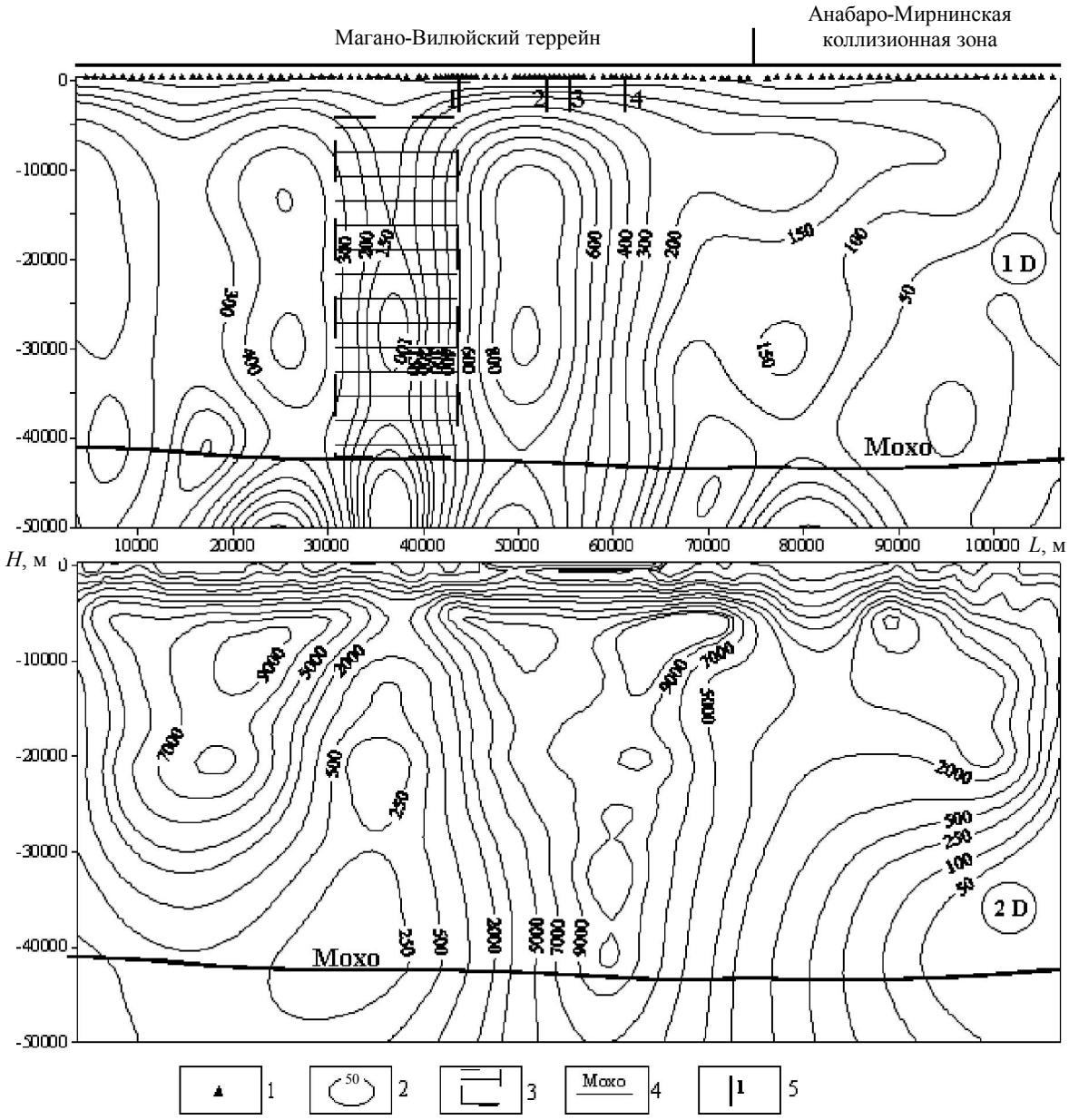


Рис.1. Геоэлектрические разрезы по результатам 1D- и 2D-инверсий продольных кривых на профиле 28
1 – пункты МТ-зондирований; 2 – изолинии сопротивлений; 3 – зона расслоенности земной коры по данным ОГТ; 4 – граница Мохоровичича по данным ГСЗ; 5 – разломы Вилюйско-Мархинской системы (1 – Западный, 2 – Параллельный, 3 – Центральный, 4 – Восточный)

ложенные в высокоомных блоках и пространственно совпадающие с кимберлитовыми полями, предложили считать критерием кимберлитового магматизма.

В 2002 г. ЯНИГП ЦНИГРИ начаты среднемасштабные работы, направленные на изучение особенностей геоэлектрического разреза кимберлитовых полей. Измерение вариаций МТ-поля проводилось пяти- и двухканальными станциями MTU компании «Phoenix Geophysics» в частотном диапазоне от 0,003 до 5000 с. Шаг зондирований 1-2 км по профилям, расположенным на расстоянии 2-4 км друг от друга. В Малоботуобинском районе выполнены площадные исследования, изучено строение земной коры на всю мощность (35-40 км).

В результате работ установлено, что район характеризуется тремя типами геоэлектрического разреза земной коры: высокоомные блоки, приуроченные к ним проводящие зоны и участки с пониженным электрическим сопротивлением (рис.1). Восточная часть, расположенная на западном борту Вилюйской синеклизы, – низкоомная с сопротивлениями земной коры первые десятки ом-метров. Основной вклад в уменьшение сопротивления пород внесла среднепалеозойская тектономагматическая активизация, проявленная в образованиях Палеовилюйского авлакогена и сопровождавшаяся увеличением теплового потока и деструкцией земной коры. Могла сыграть роль и протерозойская коллизия [4], выразившаяся в тектоническом скучивании и ретроградном метаморфизме с поступлением флюидов.

Земная кора Мирнинского поля имеет сопротивление более 1000 Ом·м. Она является частью древнего Сибирского кратона, метаморфизованного в амфиболитовой и гранулитовой фациях. Область характеризуется очень низким тепловым потоком (10-20 мВт/м^2) [2] и существенных преобразований на протяжении всей дальнейшей эволюции не испытывала. Данные породы обладают высокими сопротивлениями. Приуроченность кимберлитовых полей к высокоомным блокам объясняется правилом Клиффорда, в соответствии с которым алмазоносные кимберлиты проявлены на древних кратонах, не подвергавшихся существенной тектонической переработке на протяжении последующих этапов развития.

В пределах Мирнинского кимберлитового поля выделены три проводящие субвертикальные неоднородности (рис.2). Первая (I) из них размером 12 × 20 км вытянута в северо-восточном направлении вдоль Джункун-Хампинской системы разломов. Глубина залегания верхней кромки проводящей зоны, по данным количественной интерпретации, 20 км, сопротивление 80-100 Ом·м. Внутри нее выделяется проводящая неоднородность более высокого порядка – I^1 с глубиной залегания 10 км и сопро-

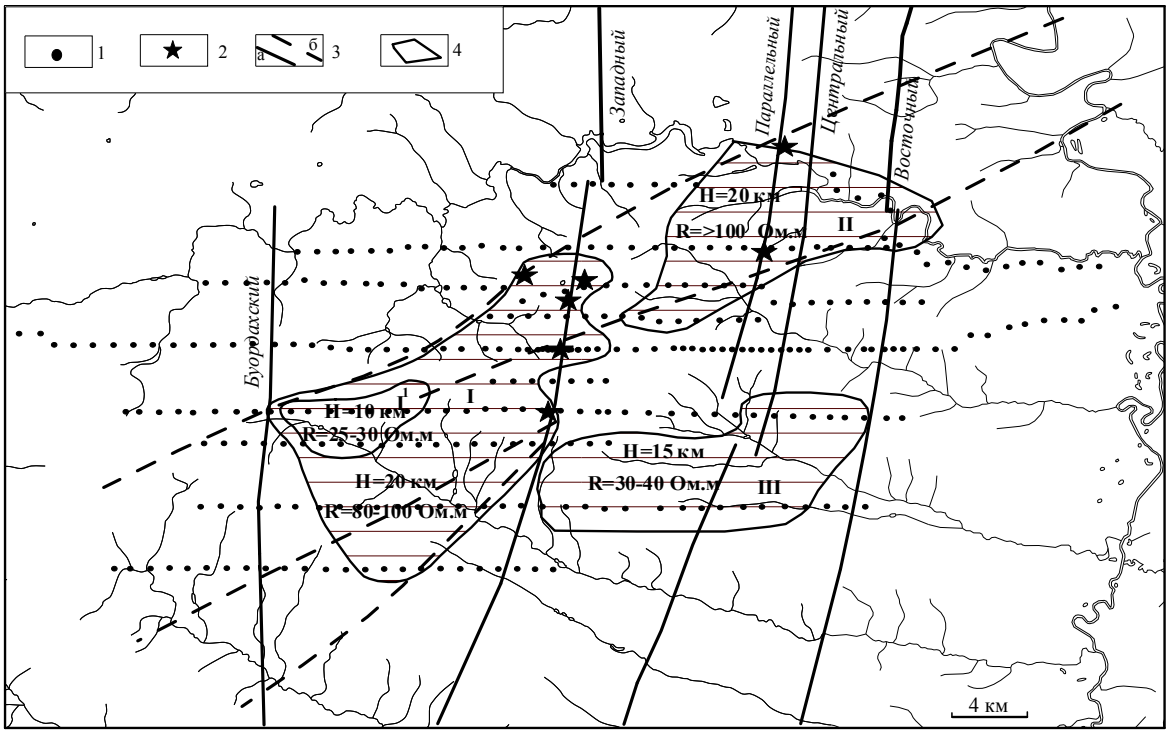


Рис.2. Результаты магнитотеллурических зондирований в Мирнинском кимберлитовом поле
1 – пункты МТЗ; 2 – кимберлитовые тела; 3 – разломы Вилюйско-Мархинской (*а*) и Джункун-Хампинской (*б*) систем; 4 – проводящие неоднородности, выделенные по данным количественной интерпретации МТЗ

тивлением 30 Ом·м. На восточном краю первой проводящей аномалии, вдоль Западного разлома, локализуются шесть кимберлитовых тел. Вторая неоднородность (II) выделяется в северо-восточной части площади на продолжении Джункун-Хампинской зоны разломов. Ее геоэлектрические характеристики соизмеримы с параметрами первой (глубина залегания 20 км, сопротивление более 100 Ом·м). К ней приурочены кимберлитовые трубки «Мир» и «Дачная». Третья неоднородность (III) выделяется на юге. Глубина ее залегания 15 км, сопротивление 30-40 Ом·м. Видно (см. рис.1), что кимберлитовые трубки Мирнинского поля тяготеют к краевым частям проводящих неоднородностей и расположены на сочленении их с высокоомными участками блока земной коры. Можно также предположить, что разрывная тектоника контролирует форму проводящих неоднородностей. Все они расположены в узле пересечения Джункун-Хампинской и Вилюйско-Мархинской систем разломов. Образование или активизация разломов сопровождается напряжениями и повышением температуры, что приводит к процессу межзерновой деструкции и увеличению пористости в кристаллической породе [3]. Синхронно с разломообразованием шло поступление флюидов в процессе базитового магматизма. Вероятно, это и привело к возникновению локальных проводящих зон. Эти же наиболее проницаемые зоны служили магмоводами для последующих кимберлитовых расплавов.

По договору с лабораторией электромагнитных методов НИИЗК СПбГУ проводились работы по опробованию метода аудиомагнитотеллурических зондирований (АМТЗ) с аппаратурно-программным комплексом АКФ. Целью исследований являлось решение алмазопоисковых задач. Применялась четырехканальная станция АКФ-4, диапазон частот – 1-3200 Гц, время регистрации – 5 мин. Интерпретация одномерная методом эффективной линеаризации. Результаты исследований показали, что АМТЗ позволяют картировать зоны разломов, изучать разрез осадочного чехла и вести поиски. Установлено, что Западный разлом разделяет блоки с различным удельным сопротивлением. Кимберлиты локализуются на границе блоков, в пределах участков, характеризующихся повышенной проводимостью. С кимберлитовыми телами связаны локальные (до 1 км) аномалии проводимости в осадочном чехле. Летом 2003 г. специалисты ООО «Северо-Запад» проводили опытные работы методом АМТЗ с целью оценки возможностей его применения для поисков трубок взрыва и выявления разрывных нарушений. Использовался аппаратурный комплекс MTU-5A компании «Phoenix Geophysics» с частотным диапазоном 1-10000 Гц. Сеть наблюдений составляла (25-50) × 50 м. Объем – более 400 точек. На картах кажущихся сопротивлений трубки выделяются пониженными значениями. Амплитудные полярные диаграммы имеют радиальную ориентировку длинных осей по отношению к центру аномалии сопротивления. Над центром аномалии диаграммы имеют изометричные очертания. Вещественные индукционные векторы закономерно ориентированы в направлении от центра трубок. Работы АМТЗ также показали возможность применения метода при картировании и гидрогеологических исследованиях осадочного чехла платформы. Можно прогнозировать изменение мощности первого водоносного горизонта, что представляет интерес с точки зрения захоронения шахтных вод. Выделяются локальные проводящие участки в зоне влияния Западного разлома, рассматриваемые как области внедрения магматитов ультраосновного и основного составов.

Выводы

1. Магнитотеллурические зондирования являются эффективным методом исследований в Якутской кимберлитовой провинции на различных стадиях прогнозно-поисковых работ на алмазы.

2. Консолидированная кора древних кратонов обладает высоким сопротивлением. Области тектонической активизации от-

личаются от стабильных блоков понижением сопротивления пород литосферы. В пределах кратонов зафиксированы относительно локализованные участки, характеризующиеся повышенной проводимостью.

3. Мирнинское кимберлитовое поле находится в узле сочленения двух систем разломов – Вилюйско-Мархинской и Джункун-Хампинской и, по данным геоэлектрики, характеризуется субвертикальными аномалиями проводимости земной коры, в краевых частях которых локализуются проявления кимберлитового магматизма.

4. Крупномасштабные МТ-зондирования позволяют изучить разрез платформенного чехла, картируют разломы и фиксируют участки внедрения трубочных тел.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глубинное строение и геодинамика Саяно-Байкальской горной области и сопредельных районов Восточной Сибири / А.А.Алакшин, С.В.Лысак, Б.М.Письменный, А.В.Поспеев, Е.В.Поспеева // Глубинное строение территории СССР. М., 1991. С.72-88.

2. *Дучков А.Д.* Термальная структура литосферы Сибирской платформы / А.Д.Дучков, Л.С.Соколова // Геология и геофизика. 1997. Т.38 (2). С.494-503.

3. *Зарайский Г.П.* Тепловое разуплотнение горных пород как фактор формирования гидротермальных месторождений / Г.П.Зарайский, В.Н.Балашов // Геология рудных месторождений. 1981. № 6. С.19-35.

4. Якутская кимберлитовая провинция: положение в структуре Сибирского кратона, особенности состава верхней и нижней коры / О.М.Розен, В.П.Серенко, З.В.Специус, А.В.Манаков, Н.Н.Зинчук // Геология и геофизика. 2002. Т.43 (1). С.3-26.