

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОЛОГО- ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

В.Ю. Абрамов

Кафедра МПИ, инженерный факультет
Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 117923

Рассматриваются результаты изучения физических свойств вмещающих горных пород и кимберлитов Архангельской алмазоносной провинции. Построена геолого-геофизическая модель месторождения алмазов рассматриваемого типа.

Обобщенные геолого-геофизические модели кимберлитовых трубок строятся на основе анализа геологической позиции района работ и петрофизических свойств как самих кимберлитов, так и вмещающих горных пород и перекрывающих толщ. Построение такой модели необходимо для формирования оптимального комплекса заверочных геофизических технологий и методов при поисках кимберлитовых тел в Архангельской алмазоносной провинции.

Перед геофизическими поисковыми технологиями стоят следующие основные задачи:

- аэромагнитное картирование наблюденного магнитного поля (ΔT);
- геоэлектрическое картирование территории поисков по продольной электропроводности (S_p) горных пород и глубине залегания первого от поверхности проводящего слоя (H_p);
- привязка к местности, детализация и выявление геологической природы аэромагнитных и аэроэлектроразведочных аномалий;
- разбраковка и оценка перспективности выделенных локальных аномальных участков на наличие кимберлитовых трубок наземными геофизическими методами (выделение аномалий трубочного типа).

Анализ карт графиков наблюденного магнитного поля позволяет выделять и прослеживать зоны повышенной и пониженной магнитной восприимчивости горных пород с выделением на них локальных аномалий так называемого трубочного типа.

Поисковый комплекс электромагнитных методов целиком определяется особенностями геоэлектрического строения осадочного чехла, в котором локализируются кимберлитовые трубки.

Осадочный чехол представлен отложениями верхнего протерозоя, среднего и верхнего карбона, нижней перми, перекрытыми четвертичными породами различного происхождения (рис. 1).

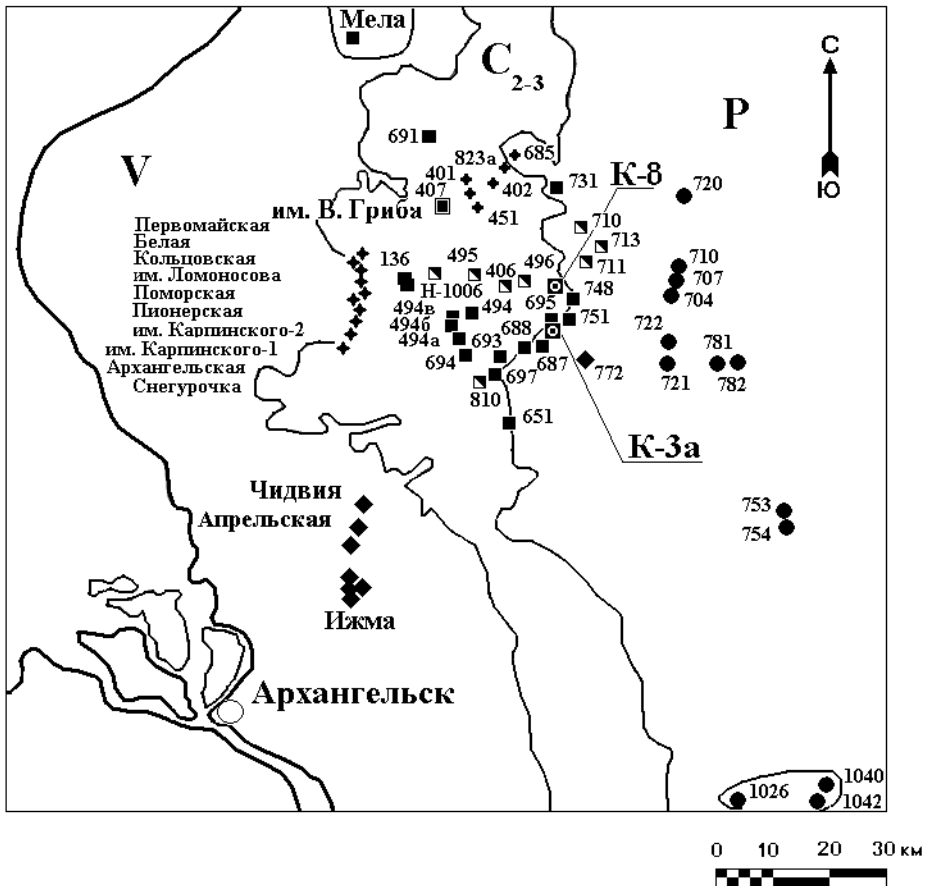


Рис. 1. Карта-схема размещения тел щелочного ультраосновного магматизма Архангельской алмазonoной провинции (по Кутинову и Чистовой с дополнениями автора)

- — трубка-месторождение им. Гриба;
- — слабо- и убогоалмазные кимберлиты;
- ◆ — оливин-пироксеновые мелилититы;
- — толеитовые базальты;
- ◻ — вновь открытые трубки (с участием автора), относящиеся к слабо- и убогоалмазonoным кимберлитам;
- ◆ — оливин-флогопитовые мелилититы

Породы падунской свиты верхнего протерозоя, являющиеся вмещающими для кимберлитовых трубок, представлены в основном пестроцветными песчаниками и алевролитами. Удельное электрическое сопротивление пород падунской свиты меняется от 70—200 Ом·м в верхней части разреза до 3—20 Ом·м в нижней его части. Граница резкого увеличения электропроводности (на порядок и больше) отмечается на глубинах 100—250 м и практически не увязываются с заметным изменением литологического состава отложений, что позволяет отождествить ее с верхней границей сильно минерализованных грунтовых вод.

Непосредственно на породах верхнего протерозоя залегают породы среднего и верхнего карбона, которые являются перекрывающими для известных в районе кимберлитовых трубок. В основании отложений среднего карбона залегают алевролиты, песчаники и гравелиты урзугской свиты, которые не отличаются по своей электропроводности от подстилающих пород верхнего протерозоя. Их удельные электрические сопротивления колеблются в пределах 100—300 Ом·м при средних значениях 150—200 Ом·м.

Наиболее высокоомные отложения в районе — карбонатные породы среднего карбона и нижней перми, удельные электрические сопротивления которых составляют 300—500 Ом·м.

Четвертичные отложения представлены комплексом ледниковых, аллювиальных, озерных и морских образований. Из-за пестроты состава соответствующие удельные электрические сопротивления варьируют в весьма широких пределах: от 10—15 Ом·м для глин и до 500—800 Ом·м для песков и торфов.

Известные в районе кимберлитовые трубки имеют в плане округлую или эллипсоидную формы с размерами в поперечнике 100—500 м и залегают на глубинах от первых десятков до 100 и более метров.

Породы, выполняющие трубки, представлены в основном эруптивными брекчиями, которые состоят из обломков вмещающих пород верхнего протерозоя, сцементированных сапонит-карбонатной массой. Кимберлитовые брекчии характеризуются заметно различающимися для каждой из трубок значениями удельных электрических сопротивлений, которые, в среднем, составляют 15—35 Ом·м, а в отдельных случаях (центральная часть кимберлитовых тел) — 20—30 и до 100 Ом·м.

По данным петрофизических исследований пород, включающих перекрывающие кимберлитовые трубки, а также пород, слагающих сами кимберлитовые объекты, при использовании данных полевых геофизических и геологических наблюдений составлена обобщенная геолого-геофизическая модель трубки взрыва, характерная для районов севера Русской платформы (рис. 2).

Первые данные по петрофизическим свойствам кимберлитов и вмещающих пород Архангельской области были обобщены в работах Г.И. Мельниковой. В последующие годы отдельные данные по петрофизическим характеристикам пород провинции приводятся в отчетах Г.М. Левина (1987) и В.Н. Перфилова (1987). Исследованиями этих авторов было показано, что кимберлиты из верхних частей известных трубок Архангельской алмазоносной провинции имеют среднюю плотность $2,48 \text{ г/см}^3$ и среднюю магнитную восприимчивость $\alpha = 100 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ, изменяясь от 8 до $1500 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ. На основании этих данных было отмечено, что остаточная намагниченность (J_n) и магнитная восприимчивость (α) на порядок меньше, чем у кимберлитов Западной Якутии (средняя величина остаточной намагниченности J_n кимберлитов Архангельской провинции составляет $140—150 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ). Результаты анализа петрофизических характеристик кимберлитов и вмещающих пород, приводимых этими и другими авторами (Соболев, 1990; Бондаренко, 2003; Кутинов, Чистова, 2005

и др.) позволяют сделать вывод, что среди кимберлитовых пород наиболее магнитными являются кимберлитовые туфобрекчии ($\alpha = 95 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ), менее магнитными являются эруптивные ксенотуфобрекчии ($\alpha = 87 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ) и значительно менее — автолитовые брекчии ($\alpha = 16 \cdot 10^{-6}$ ед. СИ). Автором составлена полная таблица статистических данных по петрофизическим свойствам кимберлитов и вмещающих пород Архангельской провинции с учетом как собственных измерений, так и обобщения работ предшественников (табл.).

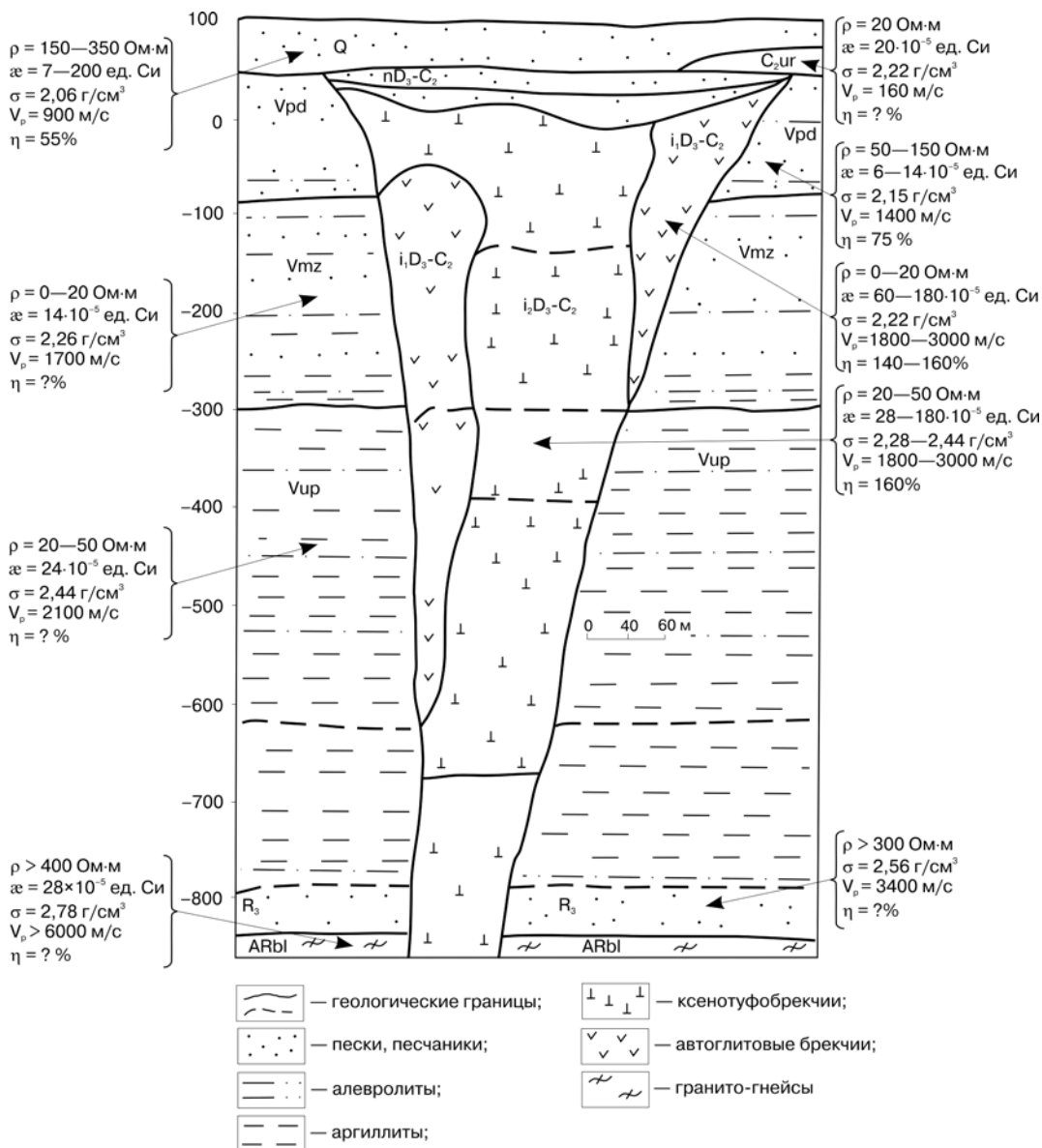


Рис. 2. Обобщенный геоэлектрический разрез кимберлитового тела Архангельской алмазоносной провинции

**Физические свойства горных пород Зимнего берега
Архангельской алмазонасной провинции**

Горные породы и их возраст	Магнитная восприимчивость (χ), ед. СГС · 10 ⁻⁶ (от—до) среднее	Удельное электрическое сопротивление (ρ), Ом·м (от—до) среднее	Радио-активность (γ), мкР/ч (от—до) среднее	Плотность (σ), г/см ³ , (от—до) среднее	Скорость продольных волн (V_p), м/с, (от—до) среднее
Аргиллиты, песчаники, V алевролиты V_{mz}	$\frac{(5-20)}{15}$	$\frac{(2-500)}{50}$	$\frac{(0-8)}{6}$	$\frac{(2,13-2,37)}{2,31}$	$\frac{(2200-3000)}{2700}$
Аргиллиты, песчаники, алевролиты, V_{pd}	$\frac{(2-300)}{10}$	$\frac{(16-1100)}{100}$	$\frac{(0-8)}{6}$	$\frac{(1,9-2,4)}{2,27}$	$\frac{(2000-2800)}{2500}$
Песчаники, конгломераты, обогащенные шпинелидами, C_2, ur	$\frac{(4-2600)}{12}$	$\frac{(50-300)}{110}$	$\frac{(0-12)}{6}$	$\frac{(2,1-2,5)}{2,25}$	$\frac{(1800-2200)}{2000}$
Алевролиты, песчаники, Гравелиты, C_2	$\frac{(0-25)}{6}$	$\frac{(100-500)}{150}$	$\frac{(0-8)}{6}$	$\frac{(2,1-2,6)}{2,25}$	$\frac{(1800-2200)}{2000}$
Карбонатные породы, $C_2 - P_1$	$\frac{(0-15)}{2}$	$\frac{(150-1800)}{330}$	$\frac{(0-8)}{6}$	$\frac{(2,36-2,89)}{2,48}$	$\frac{(3000-5500)}{4000}$
Породы пластовых туфовых тел (силлов), $D_3 - C_2$	$\frac{(600-2100)}{1050}$	—	—	$\frac{(2,26-2,82)}{2,5}$	—
Кимберлитовая брекчия, $D_3 - C_2$	$\frac{(10-4000)}{600}$	$\frac{(2-150)}{20}$	$\frac{(6-24)}{10}$	$\frac{(1,9-2,9)}{2,65}$	$\frac{(500-3500)}{3000}$

В целом рассмотрение имеющихся данных по петрофизическим свойствам кимберлитов и вмещающих пород, собранных и обобщенных автором в этой таблице, позволяет сделать следующие выводы.

Физические свойства кимберлитов Архангельской алмазонасной провинции отличаются большим разнообразием как между отдельными типами кимберлитов, так и внутри этих типов.

К настоящему моменту лучше всего изучена связь магнитных свойств железосодержащих минералов из кимберлитовых пород — пикроильменитов и хромшпинелидов — с особенностями их состава и структуры, что позволяет использовать магнитные характеристики этих минералов при детальном минералогическом исследовании.

Распределение магнитных фаз и их амплитуда индивидуальны для каждого тела, а исследование магнитных свойств кимберлитов дает важную информа-

цию о распределении в кимберлитах зерен ферромагнитных минералов, что способствует генетической классификации.

Измерение магнитной восприимчивости проводилось индукционным методом с помощью каппаметра КТ-5. Измерение диэлектрической проницаемости и удельного электросопротивления проводится в настоящий момент с помощью измерительного стенда состоящего из измерителя добротности, измерителя емкости, генератора частоты, частотомера и тераомметра и мультиметра М4640А в лаборатории РУДН.

Измерение плотности и пористости проводилось с помощью денситометра в лаборатории РУДН.

Изучение магнитных и плотностных свойств кимберлитов Архангельской алмазоносной провинции связано с определенными трудностями. Кимберлиты, как правило, слабомагнитны, и измерять их магнитные свойства на астатических магнитометрах в петрофизических лабораториях ЦНИГРИ, МГГРУ и РУДН оказалось невозможно, так как все эти лаборатории территориально недостаточно удалены от источников промышленных помех.

Перечисленные выше геолого-геофизические особенности строения осадочного чехла, в котором локализуются кимберлитовые трубки на Кепинской площади, предопределили очень большую неоднозначность результатов классических геофизических поисковых методов, опиравшихся на наземную магниторазведку в сочетании с гравиразведкой и электроразведкой методами АМТЗ и ДИМ (двухпетлевой индуктивный метод). Все это говорило о настоятельной необходимости детального опробования и оценки новых нетрадиционных электроразведочных методов. В качестве дополнительного нами был сформулирован следующий поисковый критерий: кимберлитовое тело является изотропным геоэлектрическим объектом, находящимся в анизотропных горизонтально-слоистых вмещающих породах, перекрытых анизотропными горизонтально-слоистыми породами.

Сформулированный выше подход в сочетании с магниторазведкой, измерением поля промышленных помех (50 и 100 Гц), зондированием, становлением поля в ближней зоне (Team-Fast) и технологией аудиоманнитотеллурического зондирования [1; 8] позволили выявить и рекомендовать под заверку бурением две аномалии, одна из которых не выделялась ранее, а другая выделялась, но не была рекомендована к бурению предшественниками (см. рис. 1).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Абрамов В.Ю., Голубев Ю.К. и др. Геолого-геофизическая модель кимберлитовой трубки Кепинской площади, Архангельская область // Руды и металлы. — 2006. — № 4. — С. 38—42.
- [2] Барышев А.Н. Физико-геологическая модель кимберлитового поля и оптимальный комплекс геологических, геофизических и геохимических прогнозно-поисковых критериев // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. — Мирный, 1998.
- [3] Ваганов В.И. Алмазные месторождения России и мира (основы прогнозирования). — М.: Геоинформмарк, 2000.

- [4] *Зинчук Н.Н., Бондаренко А.Т., Гарат М.Н.* Петрофизика кимберлитов и вмещающих пород. — М.: Недра-Бизнесцентр, 2002.
- [5] *Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.* Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. — Архангельск: ИПП «Правда Севера», 2004.
- [6] *Никулин В.И., Лелюх М.И., Фон-дер-Флаас Г.С.* Алмазопрогностика (методическое пособие). — Иркутск, 2002.
- [7] Прогнозно-поисковые системы для месторождений алмазов / В.И. Ваганов, В.И. Варламов, А.А. Фельдман и др. // Отечественная геология. — 1995. — № 3.
- [8] *Пятницкий В.И., Абрамов В.Ю. и др.* Многоцелевые электромагнитные многочастотные геофизические технологии: Монография. — М.: ЦНИГРИ, 2003.

**PETROPHYSICAL CHARACTERISTIC
OF GEOLOGIC-GEOPHYSICAL MODELS
OF KIMBERLITE PIPES OF THE ARKHANGEL'SK
KIMBERLITE PROVINCE**

V.Yu. Abramov

Engineering faculty
Peoples' Friendship Russian University
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115923

The results on physical properties of naturally hosting rocks and kimberlites of Arkhangel'sk diamondiferous province are considered. Geologic-geophysical model of diamond deposits of the considered field has been constructed.