DOI: 10.24411/0869-7175-2019-10038

УДК 553.81(470.11)
© Р.Н.Пенделяк, А.В.Морозов, В.А.Могутова, 2019

Геологическое строение трубки им. В.Гриба и её индикаторные особенности в геофизических полях

Р.Н.ПЕНДЕЛЯК, А.В.МОРОЗОВ, В.А.МОГУТОВА (Акционерное общество «АГД ДАЙМОНДС»; 163001, г. Архангельск, Троицкий проспект, 168)

Рассматриваются геологическое строение алмазоносной кимберлитовой трубки месторождения им. В.Гриба, её взаимоотношения с вмещающими породами, тектоническое положение, особенности проявления трубки в геофизических полях.
На основании обобщения геолого-геофизических материалов предшественников и анализа данных, полученных в ходе доразведки месторождения и его эксплуатации, уточнены прогнозно-поисковые критерии месторождений алмазов и методика поисковых работ на территории Зимнебережного алмазоносного района. Анализ имеющихся геолого-геофизических материалов позволил сделать вывод о высокой перспективности Архангельской алмазоносной провинции на обнаружение новых месторождений алмазов.
Ключевые слова: месторождение, кимберлит, алмаз, кимберлитовмещающий разлом, экзоконтакт, эндоконтакт, геофизическая аномалия, прогнозно-поисковый критерий, Зимнебережный алмазоносный район, Архангельская алмазоносная провинция.

Пенделяк Роман Николаевич rpendelyak@agddiamond.com
Морозов Александр Викторович gok_geolog@agddiamond.com
Могутова Виктория Александровна vmogutova@agddiamond.com

Geological structure of the tube V.Griba and its display features in geophysical fields

R.N.PENDELYAK, A.V.MOROZOV, V.A.MOGUTOVA (Joint stock company «AGD Diamonds»)

Geological structure of the diamondiferous kimberlite pipe of the Grib diamond deposit, its relationship with the host rocks, tectonic position, features of the pipe in the geophysical fields is considered.
Prognostic and prospecting criteria of diamond deposits and the methodology of prospecting works on the territory of the Zimneberezhnyi diamondiferous region are specified on the basis of generalization of the geological and geophysical materials of the predecessors and analysis of the data received during additional exploration of the deposit and its exploration. The analysis of the available geological and geophysical materials allowed to draw a conclusion about high prospects of the Arkhangelsk diamondiferous province for the discovery of new diamond deposits.
Key words: deposits, kimberlite, diamond, kimberlite-displacement fault, exocontact, endocontact, geophysical anomaly, prognostic and search criteria, Zimneberezhny diamondiferous region, Arkhangelsk diamondiferous province.

Настоящая статья базируется на части материалов колоссального объёма исследований, выполненных предшественниками. Учитывая современные данные, полученные в результате отработки месторождения, в работе речь пойдёт о визуальных особенностях геологического строения трубки им. В.Гриба и их применимости при поисках новых месторождений алмазов. Минералого-геохимические особенности трубки – это тема для отдельных работ [2]. Крупнейшая алмазоносная кимберлитовая трубка в Европе, расположенная в Архангельской области на севере Европейской части России (рис. 1), была открыта в феврале 1996 г. в рамках поисково-оценочных работ на Верхотинской площади. Открытию месторождения предшествовали годы кропотливой работы коллектива ГП «Архангельскгеология» (сейчас АО «АГД ДАЙМОНДС»), в течение которых было открыто и разведано более 400 месторождений полезных ископаемых – нефти и газа, алмазов, углей, горючих сланцев, воды, цветных, редких и благородных металлов, неметаллического мине-

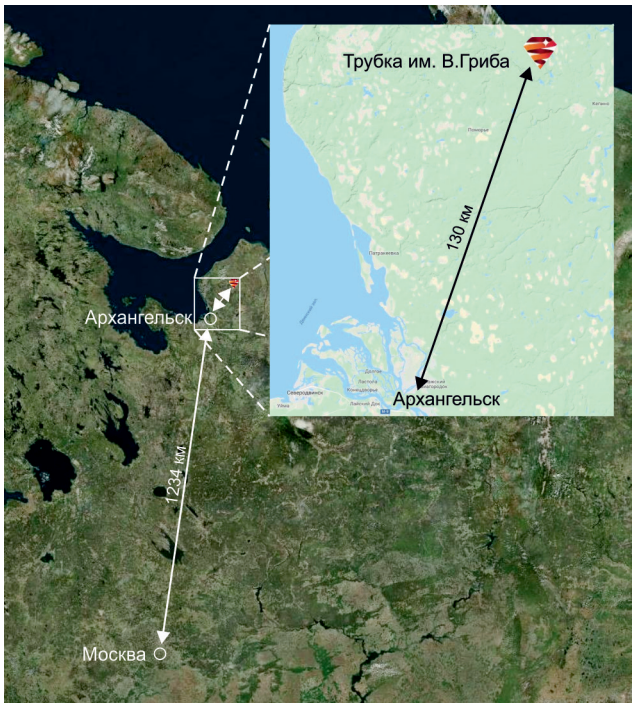


Рис. 1. Административное положение трубки им. В.Гриба

рального сырья, цемента, карбонатного и химического сырья, строительных материалов.

Работы по изучению месторождения им. В.Гриба выполнены в три стадии: 1) оценка (1996–2001 гг.), 2) разведка (2002–2004 гг.), 3) доизучение месторождения (2008–2009 гг.). Запасы месторождения утверждены протоколом ГКЗ в 2010 г. в объёме 98 млн. карат, в том числе 57 млн. карат для добычи открытым способом. Промышленная отработка ведётся с 2014 г., глубина карьера по состоянию на 01.04.2019 г. составляет 217 м.

Трубка им. В.Гриба находится в центральной части Зимнебережного алмазоносного района, в пределах Верхотинского поднятия Ручьевского выступа кристаллического фундамента. Приурочена к кимберлитовмещающему разлому север-северо-восточного простирания мощностью 50 м. Трубка прорывает слаболитифицированные осадочные породы верхнего рифея и верхнего венда, а перекрывается толщей терригенных и карбонатных пород среднего карбона и рыхлых четвертичных отложений. Полная мощность вмещающих трубку пород осадочного чехла (венд+рифей) составляет 1150 м, общая средняя мощность перекрывающих отложений – 66 м.

Трубка сложена (рис. 2) породами двух фаз внедрения (ксенотуфобрекчия и кимберлит), резко различающимися как по составу, так и по уровню алмазоносности, и кратерными вулканогенно-осадочными отложениями, участками визуально схожими с вмещающими дезинтегрированными отложениями венда. Контакты между разнофациальными породами и отложениями чёткие, резкие, уверенно устанавливаются как визуально по керну и в карьере, так и по каротажу.

Породы первой фазы внедрения (туфо- и ксенотуфобрекчии) до глубины 360 м (горизонт −250 м) развиты в южной половине диатремы. Они перекрываются кимберлитами и дезинтегрированными вендскими отложениями. Мощность перекрывающих кимберлитов на юге изменяется от 20 до 60 м, на западном фланге составляет 160–190 м, а мощность перекрывающих вендских отложений – 180 м. С глубиной (ниже горизонта −250) расширяется площадь развития пород I фазы: в северо-западной части трубки и глубже горизонта −750 м они занимают уже более 75% площади трубки. Ниже горизонта −900 м ранее единый рудный столб пород первой фазы разделяется на два канала, изолированных друг от друга вмещающими породами.

Рудный столб кимберлитов представляет собой крутопадающее, сужающееся с глубиной тело неправильной формы, с грибообразным расширением в верхней части и заливом вдоль северо-западного контакта трубки, прослеживающимся до глубины 820–840 м. В интервале глубин 860–1010 м (ниже горизонта –750 м) рудный столб кимберлитов локализуется вдоль северо-восточного контакта трубки, имеет северо-западную ориентировку и приобретает вытянутую дайкообразную форму. На горизонте −100 м рудный столб кимберлитов занимает 80,5% площади трубки, на горизонте – 300 м – 51,3%, на горизонте −500 м – 40,8%, на горизонте −700 м – 31,7% и на горизонте −900 м – 27,1%. На горизонте −900 м размеры рудного столба кимберлитов 180×25 м.

Кратерный раструб имеет чашеобразную форму с крутыми бортами, выполнен разнообразными вулканокластическими, вулканогенно-осадочными породами: от кварцевых глинистых песчаников и брекчий осадочных пород до кимберлитовых туффитов и туфов. Мощность отложений кратерной фации изменяется от 67,2 до 146,6 м и составляет в среднем 110 м. Наименьшие мощности в южной части трубки, наибольшие – в центральной.

В плане по поверхности трубка имеет ромбовидно-округлую форму, вытянутую в северо-восточном направлении (азимут 25°). В вертикальном разрезе она представляет собой сложный перевёрнутый конус с раструбом в верхней части. Размер трубки под поверхностью перекрывающих отложений 575×500 м, с глубиной трубка уменьшается, но вытянутость в северо-восточном направлении возрастает за счёт узких клинообразных заливов в северной и южной частях. Размер трубки на глубине 500 м (горизонт −390 м) составляет 425×260 м, на глубине 1000 м (горизонт −890 м) – 320×120 м.

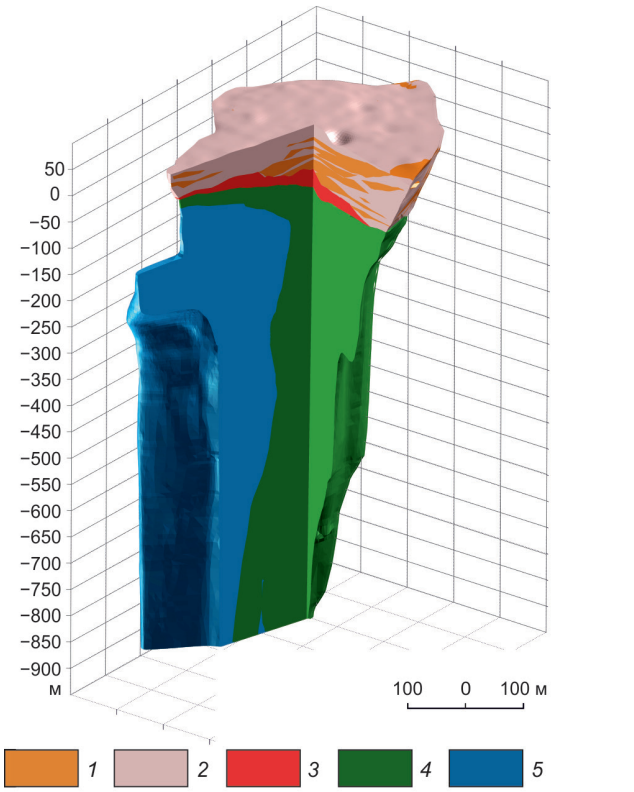


Рис. 2. 3-D модель трубки им. В.Гриба:

кратер: *1* – туфопесчаники, туффиты и туфы, *2* – песчаники и туфопесчаники, *3* – туфы, туффиты и брекчии осадочных пород; жерло, стадия внедрения: *4* – вторая, кимберлит, *5* – первая, ксенотуфобрекчия и туфобрекчия

Ксенотуфобрекчии характеризуются пятнистой окраской, преобладают красноцветные разности, зеленоцветные развиты преимущественно на контакте с кимберлитами и на глубоких горизонтах в южной части диатремы. Породы мелко-, среднеобломочные, брекчиевой, пятнистой, реже полосчатой текстуры. В приконтактовых зонах трубки иногда развиты крупнообломочные разности. В составе обломочного материала ксеногенные обломки составляют 60–70%, кимберлитовые – 30–40%. Ксенолиты представлены преимущественно обломками вмещающих пород, по составу преобладают аргиллиты и алевролиты, реже отмечаются обломки пород фундамента (гнейсы, гранито-гнейсы, габброиды) и мантийных пород (эклогиты, лерцолиты, дуниты, верлиты, пироксениты). Размер обломков колеблется от нескольких миллиметров до 3–5 см, реже до 20 см и более. Кимберлитовый материал представлен автолитами и их обломками, псевдоморфозами серпентина и сапонита по оливину, зёрнами пиропа, пикроильменита, пластинками хлоритизированного флогопита. Цемент ксенотуфобрекчий песчано-глинистый с примесью карбоната и сапонита, ожелезнённый.

Туфобрекчии занимают небольшие объёмы. Развиты в основном на контакте кимберлитов с ксенотуфобрекчиями, с последними имеют постепенные переходы. Выделяются два типа туфобрекчий. Туфобрекчии I типа характеризуются пятнистой окраской и имеют постепенные переходы с ксенотуфобрекчиями, отличаясь явным преобладанием магматического материала (60–70%) над ксеногенным (30–40%). Туфобрекчии II типа располагаются в виде прерывистых зон мощностью от 1,5 м до 10–20 м на контакте ксенотуфобрекчий с кимберлитами. Реже эти породы отмечаются в толще ксенотуфобрекчии на небольшом удалении от контакта с кимберлитами. Внешне туфобрекчии II типа представляют собой зеленовато-серую, плотную, мелкообломочную породу. Обломочная часть составляет 80–85%. В её состав входят: ксеногенные обломки (50–60%), псевдоморфозы по оливину (25–35%), автолиты (10–15%). Ксеногенные обломки представлены в основном ксенолитами вмещающих пород венда. Связующая масса туфобрекчий криптозернистого тонкочешуйчатого строения тальк-смектитового состава.

По петрографическим особенностям выделяются три разности кимберлитов: порфировидные, массивные и порфировые. Первые две разности преобладают.

Порфировый кимберлит развит в центральной части трубки в основном на глубинах 400 и более метров. Макроскопически он представляет собой массивную породу серо-зелёного, серо-голубого цветов с хорошо выраженной структурой, состоящую из порфировых выделений, связывающей массы и единичных ксенолитов, количество и размер которых с глубиной уменьшается. Порфировые вкрапленники представлены псевдоморфозами по оливину смешанного карбонат-серпентин-смектит-гидроталькового состава. С глубиной наблюдаются зёрна неизменённого и слабоизменённого оливина. Связующая масса имеет хлорит-карбонат-смектитовый состав с тонкой примесью рудного вещества. Из минералов спутников наблюдаются гранат, хромдиопсид, пикроильменит, флогопит.

Порфировидные разности приурочены к периферийным частям рудного столба кимберлитов, к контактам с вмещающими породами, с туфо-, ксенотуфобрекчиями и к верхам диатремовой части трубки. Порфировидные кимберлиты имеют серо-зелёную, тёмно-серую с зеленоватым оттенком окраску, характеризуются чётко выраженной порфировидной (брекчиевидной) текстурой, проявленной в распространении большого количества (15–25%) обломковидных фрагментов, чётко выделяющихся на фоне основной криптокристаллической массы. Кристаллокласты составляют 1–4%, представлены псевдоморфозами серпентина, сапонита, карбонатов по оливину, оранжевым гранатом, пиропом, пикроильменитом, флогопитом, хромдиопсидом,

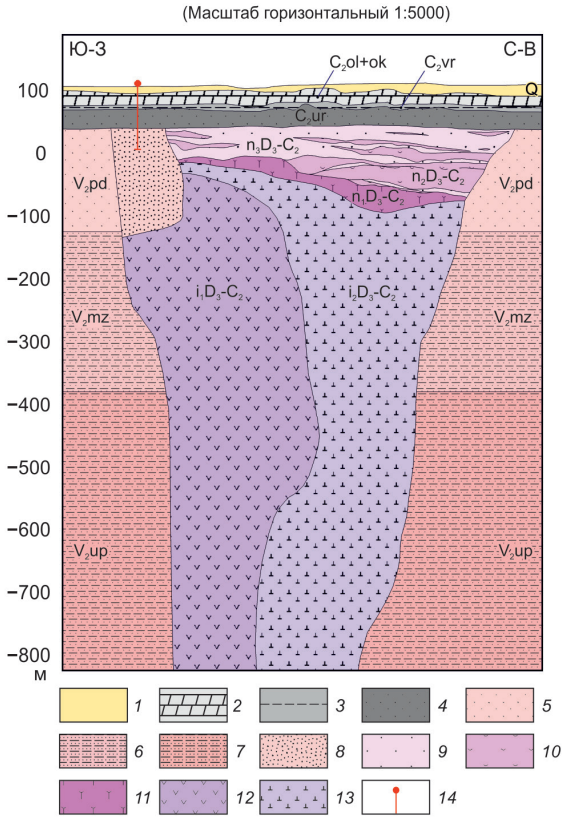


Рис. 3. Геологический разрез трубки им. В.Гриба:

1 – четвертичные отложения (Q); средний карбон: *2* – олмуго-окуевская (C_2ol+ok), *3* – воереченская (C_2vr) и *4* – урзугская (C_2ur) свиты; верхний венд: *5* – падунская (V_2pd), *6* – мезенская (V_2mz) и *7* – усть-пинежская (V_2up) свиты; *8* – зона дробления; кратерная фация: *9* – третья ($n3D_3–C_2$), *10* – вторая ($n2D_3–C_2$) и *11* – первая ($n1D_3–C_2$) пачки; жерловая фация: *12* – первая ($i1D_3–C_2$) и *13* – вторая ($i2D_3–C_2$) фазы; *14* – проектная скважина

реже клинопироксеном. С глубины 240 м появляются реликты свежего оливина. Литокласты (до 10% объёма породы) представлены автолитами размером 1–5 мм (до 30–100 мм). Ксеногенный материал, содержание которого составляет 1–3%, состоит из обломков алевролитов, аргиллитов, реже песчаников, в заметных количествах встречаются ксенолиты пород фундамента и ксенолиты глубинных пород. Размер обломков до 15–20 см. Основная масса породы (35–40%) имеет криптокристаллическое микрочешуйчатое строение и состоит из полиминерального агрегата серпентина, сапонита, талька, карбоната и рудного вещества.

Массивный кимберлит чаще всего развит в центральной части рудного столба кимберлитов и представляет собой плотную однородную породу чёрно-зелёного, зеленовато-тёмно-серого цветов. От порфировидного кимберлита отличается повышенной прочностью, серпентиновым составом псевдоморфоз и основной массы. Переходы от порфировидных разностей к массивным как постепенные, так и резкие. При этом во влажном состоянии массивный кимберлит может приобретать порфировидный облик.

В разрезе кратерной фации выделяются различающиеся по составу и содержанию кимберлитового материала рудные тела, мощность которых изменяется от первых метров до десятков метров. По содержанию магматического материала (м.м.), составу и типу цемента выделяются следующие разности пород: брекчии осадочных пород, песчаники (<1% м.м.), песчаники с магматическим материалом (до 1–3%), туфопесчаники (3–15% м.м.), туффиты (15–50(60)% м.м.), туфы (>50(60)% м.м.). Для удобства систематизации рудные тела объединены в три пачки пород, границы между которыми проводятся с некоторой долей условности, по преобладанию того или иного типа пород:

пачка 1 – туфы, туффиты, брекчии осадочных пород, прослои и линзы песчаников, туфопесчаников, маломощные субгоризонтальные внедрения кимберлита на этапе затухания магматической деятельности после становления трубки;

пачка 2 – переслаивание туфов, туффитов и туфопесчаников с подчинёнными прослоями и линзами песчаников;

пачка 3 – глинистые песчаники и алевролиты с незначительным (до 1–3%) количеством магматического материала, с редкими маломощными прослоями и линзами туфопесчаников.



Рис. 4. Положение рудовмещающего разлома в северном борту карьера

В западной части подошва кратера сложена туфами с высоким содержанием магматического материала (до 80–90%), а восточная – брекчиями осадочных пород, которые на контакте с кимберлитами представлены глыбовыми окварцованными агрегатами размером до 35 м в поперечнике.

По мере отработки месторождения уточняются морфологические параметры трубки. Помимо несущественных изменений в конфигурации трубки, наблюдается интересная особенность, заслуживающая пристального внимания. Так, на глубине 230 м (горизонт −120 м, подошва падунской свиты верхнего венда) по зоне кимберлитовмещающего разлома наблюдается резкое клинообразное расширение трубки на 100 м в южном направлении. Выше по разрезу (рис. 3) это расширение перекрывается бесструктурными отложениями падунской свиты верхнего венда, которые по керну диагностируются как дезинтегрированные вендские отложения и никоим образом не говорят о близости трубки.

Следует обратить внимание на то, что проектная глубина скважин во время проведения поисковых работ на Верхотинской площади составляла порядка 100 м. Такая глубина бурения недостаточна для вскрытия скважиной жерловых образований в сложнопостроенных трубках с сохранившимися кратерными отложениями. Помимо этого, отработка месторождения им. В.Гриба показала, что конфигурация трубки с глубиной несколько отличается от модели, составленной при разведке; могут появиться расширения на глубинах больших, чем проектная глубина заверочной скважины, следовательно и бурение этих скважин необходимо вести до достижения структурных неизменённых вендских отложений, а не ограничиваться 10–40 м бурения по вмещающим породам.

Возвращаясь к кимберлитовмещающему разлому, следует отметить, что он уверенно диагностируется в бортах карьера (рис. 4), имеет азимут простирания 8° и мощность 50 м, представлен серией параллельных вертикальных разрывных нарушений, которые делят

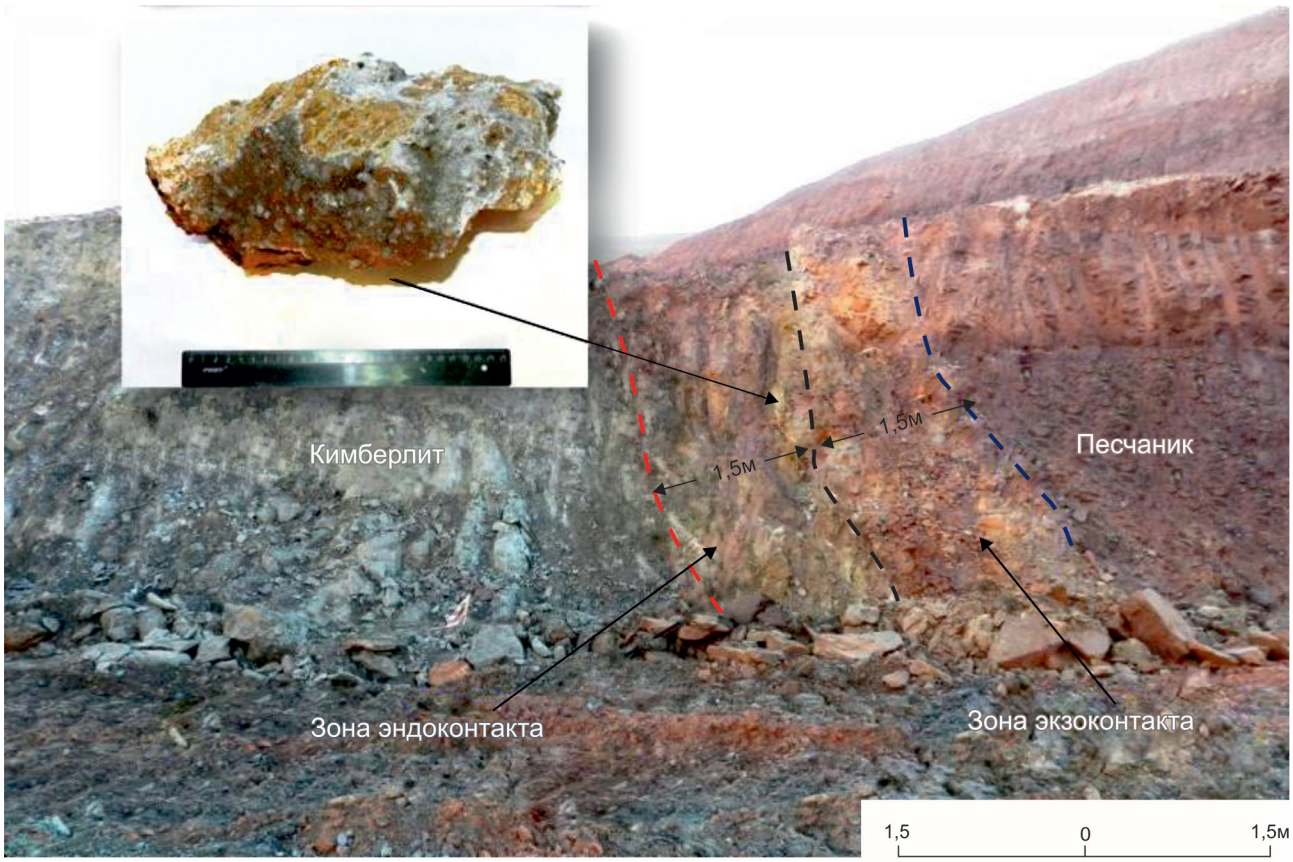


Рис. 5. Взаимоотношение кимберлита с вмещающими породами на глубине 169 м

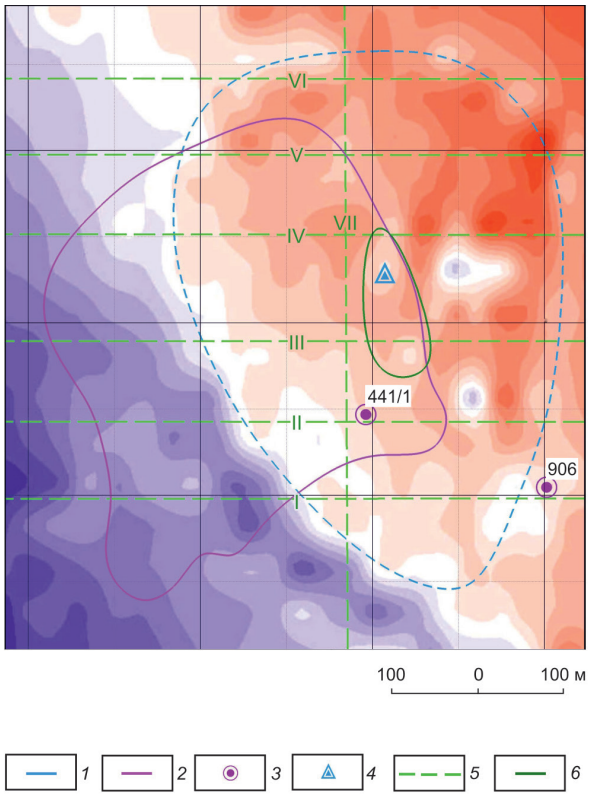


Рис. 6. Наземная геофизическая съёмка аномалии 441, выполненная в 1995 г.:

контур: *1* – наземной магнитной аномалии и *2* – трубки им. В.Гриба; *3* – пробуренные заверочные скважины; *4* – эпицентр наземной магнитной аномалии; *5* – геоэлектрические профили и их номера; *6* – контур аномалии проводимости

его на блоки размером до 5 м в поперечнике и более. Разрывные нарушения заполнены песком или алевролитом либо не имеют заполнителя, при этом ширина самих разрывных нарушений может достигать 1–5 см. Вертикальных смещений не наблюдается. Породы в зоне разлома, в непосредственной близости к трубке дезинтегрированы до слабосцементированных песчаников.

Контакты трубки с вмещающими породами (рис. 5) чёткие, резкие. Исключение составляют контакты песчаников кратерной фации с вмещающими породами, которые устанавливаются по наличию в отложениях кратерной фации ксенолитов вмещающих пород и редких мелких (до 1 мм) псевдоморфоз по оливину. Приконтактовые изменения трубки незначительны, мощность зон эндо- и экзоконтакта, как правило, составляет не более 1 метра, в редких случаях достигая 2–3 м, в единичных случаях на локальных участках эндоконтактов до 10 и более метров.

Зона экзоконтакта как с породами первой фазы внедрения, так и с породами второй фазы выражается в осветлении вмещающих пород (полном, пятнистом или прожилковом), в брекчировании и дезинтеграции вмещающих пород вплоть до песка. Вмещающие породы на контакте иногда в различной степени окварцованы или ороговикованы. Экзоконтакт отложений кратера с вмещающими породами, как правило, не проявлен, за исключением участков дезинтеграции вмещающих пород.

Зона эндоконтакта наиболее широко проявлена в породах второй фазы внедрения (кимберлит) и выражается в структурных изменениях (брекчирование, зеркала скольжения, смятие) и вторичных изменениях (многочисленные разнонаправленные карбонатные прожилки, щётки и жеоды кальцита, изменение окраски пород, общая карбонатизация). Участками содержание карбонатных прожилок в кимберлитах зоны эндоконтакта может достигать 50%, а размер жеод, заполненных кристаллами кальцита, до 1 метра.

Возвращаясь к истории открытия месторождения, следует отметить, что в геофизических полях трубка выражена слабо. В локальном аэромагнитном поле (съёмка 1986 г. масштаба 1:10 000) наблюдается слабоконтрастная аномалия интенсивностью 4 нТл, эпицентр которой смещён к востоку от геометрического центра трубки на 200 м. При анализе и разбраковке результатов аэромагнитной съёмки были выполнены наземные магниторазведочные работы, но исходных материалов и карт по ним, к сожалению, обнаружить не удалось. Скважина 906, заложенная в 1987 г. по графикам наблюдённого магнитного поля наземных магниторазведочных работ, была пробурена в 100 м к востоку от трубки. Смещение эпицентра аномалии (как аэромагнитной, так и наземной), по-видимому, связано с восточным направлением (под углом 75°) вектора намагниченности пород, выполняющих трубку [1].

В 1995 г. при повторном анализе материалов предшественников была проведена наземная магнитная съёмка масштаба 1:5000 в комплексе с профильной электроразведкой методом дипольного индуктивного профилирования (ДИП). По её результатам (рис. 6) эпицентр аномалии также оказался смещён на 200 м в северо-восточном направлении, и был выделен проводящий объект глубинного залегания размером ~100×150 м. Природа его происхождения может быть связана с прослоем гравелитов мощностью до 3 м в подошве перекрывающих урзугских отложений либо с особенностями строения верхней части кратера, где на востоке наблюдаются наиболее контрастно выраженные рудные тела в интервале глубин 70–100 м, представленные прослоями туфов, туффитов и туфопесчаников мощностью до 6 м. Но строение трубки и её взаимоотношение с вмещающими и перекрывающими породами мы знаем сейчас, а в 1996 г. скважина 441/1 была заложена в 150 м к юго-западу от центра

проводящего объекта и в 200 м к югу от эпицентра магнитной аномалии и при бурении вскрыла породы кратерной части трубки. Но и эта скважина была пробурена менее чем в 100 м от восточного края трубки.

Таким образом, история открытия месторождения, информация о его геологическом строении и взаимоотношении с вмещающими и перекрывающими отложениями, а также имеющиеся данные о геофизических особенностях трубки им. В.Гриба позволяют выделить прогнозно-поисковые критерии, применимые при проведении поисковых работ на лицензионных площадях Зимнебережного алмазоносного района. Эти критерии не являются чем-то новым и не претендуют на уникальность, но следует учитывать, что месторождение было открыто при повторной заверке аэромагнитной аномалии. Прогнозно-поисковые критерии:

1. Трубки приурочены к линейным структурам.

2. Высокоалмазоносные трубки характеризуется локальными магнитными аномалиями трубочного типа интенсивностью до 3–4 нТл.

3. Верхняя кромка магнитовозмущающего объекта находится под перекрывающими отложениями, на глубинах 60–200 м.

4. С учётом вектора намагниченности кимберлитовых тел и в зависимости от мощности перекрывающих отложений локальная магнитная аномалия может смещаться от истинного положения кимберлитовой трубки на 150–250 м.

5. Мощность кратерных песчаных отложений трубок может достигать 100 м и более.

6. При проведении электроразведочных работ аномалии проводимости могут фиксировать кратерные отложения трубок и отражать особенности строения перекрывающих отложений.

7. Приконтактовые изменения трубок незначительные, редко превышают 1–3 м.

Прогнозно-поисковые критерии приводят к уточнению методики поисковых работ:

• Разбраковка аэрогеофизических аномалий комплексом методов, в том числе структурно-тектоническим анализом, наземной магниторазведкой и электроразведкой и др. Основная цель разбраковки аномалий – посредством анализа каждой аномалии, полученной по результатам аэрогеофических работ, сократить количество аномалий, передаваемых под заверку.

Известно, что с помощью современных аэрогеофизических методов на площади работ 100 км^2 выделяются до 50 перспективных геологических участков (ПГУ). А так как нет никакого смысла заверять каждый ПГУ единичной скважиной, то именно использование комплекса методов при разбраковке аномалий позволит сократить их количество в 10 раз.

• Заверка аномалии должна выполняться минимум 3–5 скважинами, причём первая скважина бурится в эпицентре магнитной аномалии, вторая – в эпицентре аномалии проводимости, третья – с учётом расчётного вектора намагниченности, ещё две – по результатам бурения первых трёх скважин. Цель заверки аномалий – не выполнение программы по бурению скважин, а качественный ответ на вопрос о природе геофизической аномалии.

Это позволит не только установить природу аномалии (так как часто пишется «*природа аномалии связана со скоплением магнитных минералов в отложениях … свиты*», а что можно установить по одной скважине, с чем её сопоставить?), но и сократить количество пробуренных скважин в два раза – 50 скважин при заверке всех аномалий и 25 скважин при заверке аномалий, оставшихся после анализа.

• Бурение поисковых скважин до появления структурных вендских отложений и 50 м по ним. При наличии дезинтегрированных вмещающих пород бурение продолжается до появления ненарушенного структурного керна или до 300 м. Любые изменения в строении вмещающих пород (их дезинтеграция, структурно-текстурные особенности, косая слоистость и др.) являются поводом для продолжения бурения.

Помимо этого, необходимо максимально сократить сроки проведения лабораторных исследований, так как даже положительные результаты лабораторных работ, полученные после окончания срока действия лицензии, принесут лишь моральное утешение (особенно с учётом специфики российского законодательства о порядке получения права пользования недрами для геологического изучения).

В заключение следует отметить, что при анализе материалов предшествующих работ на площадях, смежных с разрабатываемым месторождением им. В.Гриба, до 40% магнитных аномалий заверено единственной скважиной, причём глубины подавляющего большинства скважин составляют 70−120 м. По-видимому, это ещё раз позволяет взглянуть на результаты работ прошлых лет и говорить о том, что потенциал Архангельской алмазоносной провинции на открытие новых месторождений далеко не исчерпан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веричев Е.М.* Отчёт о результатах разведочных работ на месторождении алмазов им. В.Гриба, проведённых в 2002–2004 гг., с подсчётом запасов алмазов по состоянию на 01.01.2005 г. – Новодвинск, 2005.
2. *Щукина Е.В.* Минералого-геохимические особенности ксенолитов литосферной мантии из кимберлитовой трубки им. В.Гриба, Архангельская алмазоносная провинция. – Новосибирск, 2013.