

УДК 553.81:552.323.6

## ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В СВЯЗИ С ПОИСКАМИ АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ

**Н. Зинчук**

*Западно-Якутский научный центр Академии наук РС(Я),  
ул. Ленина, 4/1, 678170 г. Мирный, РФ  
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

Проведенные исследования геологического строения и вещественного состава кимберлитов Сибирской платформы свидетельствуют о сложности и многообразии геолого-минералогических и палеогеографических обстановок, что нужно учитывать при постановке прогнозно-поисковых работ на алмазы в каждом конкретном регионе. Особенности прогнозирования и поисков алмазов зависят от геолого-минералогической и геоморфологической обстановки залегания кимберлитовых диатрем. Важным критерием для поисков кимберлитовых тел в различных геолого-тектонических условиях является знание вещественного состава искомым диатрем, вмещающих и перекрывающих их осадочных и магматических образований. Рекомендовано максимально использовать для этого типоморфные особенности первичных и новообразованных в диатремах минералов. Показано, что каждый алмазоносный район имеет определенный комплекс типоморфных ассоциаций первичных и вторичных минералов кимберлитов. В преобладающем большинстве алмазоносных кимберлитовых трубок преобладают алмазы с ультраосновной ассоциацией включений твердых фаз (оливин, хромит, пироп и др.).

*Ключевые слова:* кимберлитовая трубка, алмаз, типоморфизм минералов, алмазоносный район, вмещающие породы, кора выветривания, геолого-минералогическая модель, прогнозно-поисковые работы, Сибирская платформа.

Многие исследователи отмечают приуроченность коренных месторождений алмазов мантийного происхождения к древним кратонам, консолидация которых завершилась в архее [4, 5, 11–15, 18–20]. В целом это отражено в известном правиле Клиффорда, согласно которому кимберлиты могут быть распространены и в пределах протерозойских подвижных поясов, но их алмазоносность должна быть весьма ограниченной или же эти породы могут вовсе не содержать алмазы. В последние годы открыто коренные месторождения алмазов и в периферийных частях древних кратонов (лампроитовая трубка Аргайл в Западной Австралии, алмазоносные кимберлитовые диатремы Восточно-Европейской платформы и др.). Такие коренные месторождения алмазов имеют целый ряд особенностей, на основании которых можно выделить самостоятельные алмазоносные зоны, обрамляющие центральные районы практически всех алмазоносных провинций Мира. Особенности локализации коренных месторождений алмазов в пределах таких зон наглядно просматриваются на примере Сибирской платформы и, особенно, её северной части – Якутской кимберлитовой провинции (ЯКП).

Провинция охватывает территорию с юга на север на 1 500 км (от Малоботуобинского алмазоносного района до моря Лаптевых) и с запада на восток на 1 000 км (от Харамайского кимберлитового поля в Красноярском крае до р. Лена). На севере и востоке границами ЯКП являются Лено-Анабарский и Ангаро-Виллюйский прогибы, а на юго-востоке – Ангаро-Виллюйский прогиб и Виллюйская синеклиза. На западе граница проходит по восточному борту Тунгусской синеклизы. В пределах ЯКП на площади свыше 800 000 км<sup>2</sup> открыто более тысячи неравномерно распределенных кимберлитовых трубок и дайкоподобных тел. Тут выделено девять алмазоносных районов, а в них – более 25 кимберлитовых полей. По комплексу геологических и вещественных признаков некоторые исследователи [2, 3, 10, 16, 18, 19] разделяют ЯКП на две субпровинции: Виллюйскую и Анабаро-Оленёкскую. Понятие *субпровинция* предложили [8, 9, 20] из-за очевидной неравномерности внедрения глубинных магматитов в другие образования платформы. Практически на всех древних платформах Мира фиксируют скученность групп кимберлитовых полей в одних частях при полной амагматичности других территорий. В пределах субпровинции ультраосновные и щелочные магматические породы группируются в поля, объединяющие десятки, а иногда и сотни магматических тел. Обычно эти магматические тела вследствие различной фациальной принадлежности локализованы в своих полях: кимберлиты – в кимберлитовых, карбонатиты – в карбонатитовых, лампроиты – в лампроитовых и т. д. В пределах алмазоносных районов выделяют кимберлитовые поля, образованные скоплением трубок, даек, силлов и жил.

**Виллюйская кимберлитовая субпровинция** охватывает территорию, южной границей которой являются контуры Малоботуобинского алмазоносного района. Северная граница совпадает с северным ограничением Верхнемунского района, её условно проводят на широте излучины р. Оленёк. Территория Виллюйской субпровинции вытянута с юга на север на 800 км. В её составе выделено четыре алмазоносных района: Малоботуобинский, Далдыно-Алакитский, Верхнемунский и Среднемархинский, в которых обособлены шесть кимберлитовых полей; три из них – Далдынское, Алакит-Мархинское и Моркокинское – находятся в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе.

**Анабаро-Оленёкская кимберлитовая провинция** охватывает большую территорию северной части ЯКП, располагающуюся в бассейне рек Оленёк и Анабар. Восточной границей условно можно считать р. Лена, западной – Анабарский щит, а на севере она протягивается до Ледовитого океана. В пределах субпровинции выделено пять алмазоносных районов: Среднеоленьский, Нижнеоленьский, Приленский, Анабарский (или Куонапский) и Котуй-Меймечинский. Каждый из них содержит отдельные кимберлитовые поля с многочисленными трубками, дайками, силлами и жилами. Примером линейного расположения групп кимберлитовых полей является северо-восточная часть Якутской минерагенической провинции, в пределах которой принято выделять две зоны: Оленёкскую и Куонамскую. *Оленьская зона* объединяет Чомурдахское, Восточно-Укукитское, Западно-Укукитское, Мерчимденское, Толоупское, Молодинское и Куойское кимберлитовые поля в полосе северо-восточного простирания размером 350 × 80 км. Магматические комплексы представлены тут кимберлитами двух возрастных генераций – среднепалеозойской ( $D_3-C_1$ ) и мезозойской ( $J_3-K_1$ ). Находки парагенетических индикаторных минералов-спутников алмаза в терригенных отложениях верхнего докембрия не исключают обнаружение и более ранних, протерозойских магматических кимберлитовых комплексов [11, 20]. В северо-восточной части этой зоны распространен полихронный магматизм (с учетом пространственного совместного нахождения разно-

возрастных комплексов). *Куонапская зона* расположена вдоль флангов Анабарского щита, огибая его восточные границы. В её пределах (300 × 30 км) расположены Старореченское, Орто-Ыаргинское, Ары-Мастахское, Лучаканское и Дьюкенское кимберлитовые поля. Они объединяют группы широкой формационной принадлежности, чем существенно отличаются от Оленёкской зоны. В составе магматического комплекса здесь развиты кимберлиты, карбонатиты, альнеиты и другие трудно диагностируемые разновидности пород, которые большинство исследователей относит к щелочным пикритам [19, 20]. Обычно возраст кимберлитового магматизма Куонапской зоны считают мезозойским ( $T_3-J_1$ ), однако есть мнение [13, 19] и о более широком возрастном диапазоне внедрения магматических пород.

Особенности вещественного состава кимберлитовых диатрем во многом зависят от геолого-геофизических аспектов залегания, что в конечном итоге определяет методологию их прогнозирования и поисков. Это можно проиллюстрировать на примере основных районов Якутской алмазонасной провинции. Среди них выделено несколько модельных типов площадей, на которых кимберлитовые трубки:

- полностью перекрыты верхнепалеозойскими отложениями или траппами;
- частично перекрыты верхнепалеозойскими отложениями или траппами;
- полностью перекрыты мезозойскими отложениями;
- интродуцированы траппами без существенного перемещения отторгнутых блоков;
- интродуцированы траппами с отторжением и перемещением блоков кимберлитов;
- представляют протрузии кимберлитовых тел в верхнепалеозойские отложения и траппы;
- сохранили в верхних частях кратерные фации;
- характеризуются взрывной камерой закрытого типа;
- покрыты маломощными элювиальными и делювиальными образованиями.

С учетом степени изученности территории ЯКП наиболее эффективные поисковые работы здесь проведены [1, 3, 14, 20] на открытых площадях и в областях развития протерозойских, нижнепалеозойских и четвертичных отложений. Результативность этих работ во многом зависит от чёткого представления о типовых моделях [2, 7, 12] основных объектов поисков – кимберлитовых трубок. Очень важными при выделении моделей для известных кимберлитовых тел являются характер взаимоотношения их с перекрывающими породами и геолого-структурные условия формирования самих диатрем. Поэтому основными типами таких поисковых моделей можно считать кимберлитовые трубки, перекрытые верхнепалеозойскими и мезозойскими отложениями, а также выходящие непосредственно на дневную поверхность. Поскольку модельными и наиболее изученными являются кимберлитовые диатремы Сибирской платформы, которые могут встречаться и на других древних платформах Мира, то целесообразно дать геологическую характеристику всех отмеченных типов поисковых площадей.

**Кимберлитовые трубки, полностью перекрытые верхнепалеозойскими отложениями и траппами**, составляют около 40 % диатрем, открытых в Алакит-Мархинском поле. Практически все кимберлитовые трубки этого поля (за исключением трубки Лира), перекрытые более молодыми отложениями, были зафиксированы с помощью площадного бурения по сети различной плотности и проводимого при этом шлихо-минералогического опробования перекрывающих отложений. Сравнительно низкая эффективность применяющихся здесь при поисках геофизических и геохимических методов поисков обусловлена отсутствием надежных прогнозно-поисковых критериев, а

также сложностью расшифровки геофизических полей на площадях развития пород трапповой формации. Поэтому в таких сложных геолого-структурных ситуациях основным методом поисков алмазных месторождений является шлихо-минералогический. Главная задача этого метода – выделение древних ореолов рассеяния продуктов дезинтеграции кимберлитов, далее – локализация таких образований бурением скважин, сопровождающимся шлиховым опробованием вскрываемых разрезов и комплексными геолого-геофизическими исследованиями скважин. В целом эффективность применения такого комплекса методов значительно зависит от условий осадконакопления в посткимберлитовую эпоху (благодаря которым сохранились следы размыва кимберлитовых тел и их природное разнообразие), условий формирования и строения верхних (крайтерных) их частей, взаимоотношения с перекрывающими и интрузирующими их породами и др. Нередко поверхность кимберлитовых трубок на таких участках перекрыта верхнепалеозойскими терригенными, а иногда и туфогенными отложениями, в различной степени интрузированными силами траппов. Иногда непосредственно на поверхности кимберлитовых тел и вмещающих пород залегают интрузии траппов [14, 20]. Мощности перекрывающих трубки верхнепалеозойских отложений в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе колеблется от первых метров до 130 м. От 5 до 100 м на этой территории меняется и мощность интрузирующих кимберлитовые трубки трапповых образований. Есть также трапповые интрузии мощностью до 100 м и более, они непосредственно бронируют поверхность кимберлитовых тел. Севернее фиксируют такие взаимоотношения кимберлитовых трубок с полностью перекрытыми верхнепалеозойскими отложениями и траппами:

- траппы в виде маломощных силлов (иногда апофиз от них) интрузируют верхние горизонты перекрывающих трубки отложений, будучи приуроченными к краевым частям диатрем (трубки Восток, Байтахская и др.);

- в перекрывающих трубки породах траппы расположены на двух уровнях: верхний силл в виде мощного (до 70 м) траппового тела бронируют с поверхности осадочные породы  $PZ_3$ , а нижний (сравнительно маломощный) – внедряется по контакту этих пород с кимберлитовмещающими отложениями  $PZ_1$  или интрузирует верхнюю часть кимберлитовых тел (трубки Краснопресненская, Подтрапповая и др.);

- трапповые интрузии, бронирующие отложения  $P-C$ , которые с приближением к кимберлитовым трубкам существенно изменяют свою мощность, расщепляются на серию мелких апофиз, создавая над поверхностью погребенных тел своеобразные окна (трубки Юбилейная, Кыллахская и др.);

- трапповый силл внедряется по границе между верхне- и нижнепалеозойскими отложениями (трубка Алакитская и др.), в таких случаях в краевой части диатремы благодаря силлу отслаиваются и перемещаются в горизонтальном направлении блоки кимберлитов вместе с вмещающими их карбонатными и терригенно-карбонатными породами;

- силлы траппов, внедряясь в отложения  $PZ_1$ , налегают на палеоперверхность кимберлитов, уничтожая при этом следы их размыва и ограничивая тем самым возможность применения шлихо-минералогического метода для поисков алмазных месторождений.

На практике фиксируют несколько характерных типов отторжений кимберлитовых тел силами долеритов, когда их целостность нарушается путём перемещения блоков кимберлитов от первоначального залегания до нескольких сотен метров [11]. Известны случаи, когда кимберлиты образуют “протрузию” в породы  $PZ_3$  и траппы. В этом случае

они иногда оказываются на современной поверхности и находятся на одном гипсометрическом уровне с траппами и породами  $PZ_3$  (трубка Москвичка и др.).

Типичным модельным объектом кимберлитов, перекрытых терригенными отложениями  $PZ_3$  и частично траппами, можно считать *трубку Восток*. В разрезе перекрывающих эту трубку пород  $P-C$  преобладают песчаники, алевролиты и углистоглинистые сланцы, которые интродуцированы несколькими горизонтально-секущими интрузиями траппов. Средняя суммарная мощность перекрывающих трубку отложений – 33 м. Трапповые тела распространены над трубкой неповсеместно, приурочены в основном к её северо-восточной и юго-западной частям. В перекрывающих породах северо-западного фланга трубки вскрыто до четырех маломощных (0,4–8,0 м) трапповых тел. По данным колонкового бурения, поверхность трубки образует овал субширотного простирания. Учитывая, что по петрофизическим свойствам кимберлитовые породы значительно уступают вмещающим терригенно-карбонатным породам  $PZ_1$ , такая положительная форма поверхности диатремы имеет важное прогнозно-поисковое значение [11, 20]. Подобные формы поверхности диатрем обнаружены в других трубках района – Сытыканской, Победа и др.

Трубка Восток сложена двумя генетическими разновидностями кимберлитовых пород – резко доминирующей автолитовой кимберлитовой брекчией и порфировым кимберлитом. В верхней части диатремы залегает кора выветривания кимберлитов мощностью 15–20 м. Непосредственно под перекрывающими трубку породами вскрыт выветрелый рассланцованный кимберлит – рыхлая глинистая порода, содержащая повышенное количество измененных ксенолитов карбонатных пород. Иногда здесь встречаются раздробленные зёрна ильменита, пиропы и измененные слюдистые чешуйки. Породы в этой части разреза пропитаны гидроксидами железа, придающими им бурую окраску. Кратерная и частично диатремовая части трубки сильно эродированы, что привело к её размыванию и переотложению кимберлитового материала в бассейны накопления прилегающих к диатреме отложений  $C-P$ . Трубку открыли при изучении гравийного базального слоя верхнепалеозойского разреза, обогащенного зернами ильменита, пиропы и чешуйками по-разному измененного флогопита.

С использованием этих же индикаторных минералов в подобной поисковой обстановке открыта в 1955 г. *трубка Сытыканская*. Первоначально предполагали, что трубка представляет собой незначительное по размерам выходящее на дневную поверхность тело, расположенное непосредственно у самого уступа траппового плато. Однако в процессе дальнейших поисково-оценочных работ оказалось, что большая часть трубки перекрыта терригенными породами перми, бронированными мощной интрузией траппов. После этого в алмазоносном районе начались систематические поиски погребенных кимберлитовых трубок, в том числе и на площадях развития пород трапповой формации. Трубка Сытыканская (рис. 1) состоит из двух самостоятельных тел – основного северо-восточного и юго-западного. По форме и условиям залегания это сдвоенное тело, сильно втянутое с юго-запада на северо-восток. Расстояние по поверхности между обоими телами составляет 30 м, причем с глубиной оно существенно увеличивается. Некоторые исследователи предполагают, что до эрозии верхние части кимберлитовых тел соприкасались друг с другом. Северо-восточное тело в плане имеет неправильную четковидную форму, с пережимами и выступами. В разрезе это крутопадающее тело с закономерным сужением на глубину. Юго-западное тело диатремы имеет форму вытянутого эллипса и по размерам значительно уступает северо-восточному. С поверхности

юго-западное тело и преобладающая часть северо-восточного перекрыты терригенными отложениями  $P-C$ , залегающими на размытой поверхности самих тел, и мощным трапповым силлом, представляющим собой краевую часть огромного траппового плато [2, 20]. Лишь небольшой участок (площадью первые проценты трубки) был выведен эрозией на дневную поверхность и перекрыт маломощными элювиально-делювиальными осадками.

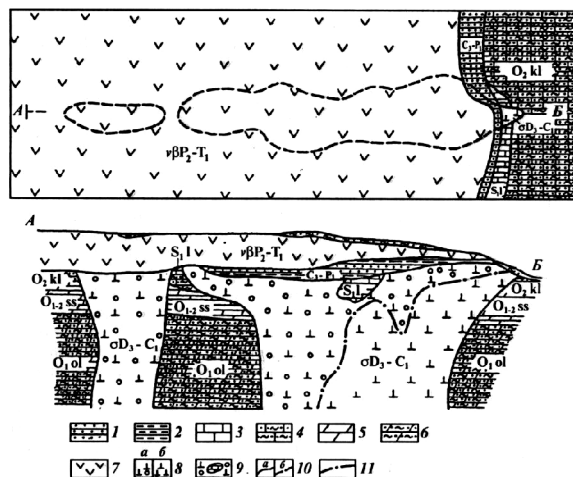


Рис. 1. Схематический план и продольный разрез кимберлитовой трубки Сытыканская:

1–6 – вмещающие и перекрывающие осадочные породы  $PZ$ : 1 – мелко- и среднезернистые песчаники, 2 – алевролиты, 3 – известняки, 4 – пестроцветные глинистые известняки и мергели, 5 – доломитовые известняки, известковистые песчаники, 6 – глинистые доломиты, песчаные известняки; 7 – перекрывающие долериты; 8 – кимберлиты: *a* – автолитовая брекчия, *б* – брекчия с массивной текстурой цемента; 9 – ксенолиты вмещающих пород (“плавающие рифы”); 10 – контуры трубки на плане: *a* – на дневной поверхности, *б* – под перекрывающими породами; 11 – границы между кимберлитами разных фаз внедрения.

В кимберлитовых породах промышленно алмазоносного центрального “рудного столба” обнаружено повышенное содержание кристаллов октаэдрического и комбинационного габитусов (до 43 %) при очень низком содержании додекаэдровидов уральского (бразильского) типа (3), максимально высокое содержание поликристаллических сростков (до 15) и малое количество окрашенных алмазов (менее 1 %) (рис. 2).

Мощность перекрывающих трубку терригенных  $P-C$  пород озерно-болотной фации – 9–16 м. Выше них над большей частью трубки залегают долериты. В юго-западной части диаграммы, где терригенные отложения выклиниваются, долериты залегают непосредственно на поверхности кимберлитов и вмещающих их терригенно-карбонатных пород  $PZ_1$ . Мощность траппов непосредственно в районе трубки Сытыканская варьирует от 5 (на северо-восточном фланге) до 87 м (на юго-западе и в центральной части). За контуром трубки она резко возрастает, достигая в отдельных участках 125 м.

Оба тела трубки сложены типичной кимберлитовой брекчией, в которой большинство исследователей выделяет три разновидности [4, 16, 20]. Северо-восточное тело представлено породами двух фаз внедрения, образующими два самостоятельных рудных столба – центральный и северо-восточный; они сочленяются через переходную зону [2,

11]. Юго-западное тело относительно простого строения сложено породами одной фазы внедрения.



Рис. 2. Алмазы из кимберлитов трубки Сытыканская (Алакит-Мархинское поле).

В пределах основного тела трубки различают кимберлитовые брекчии с массивной текстурой цемента первой фазы внедрения и автолитовые кимберлитовые брекчии второй, завершающей фазы. Непосредственно под толщей перекрывающих трубку терригенно-карбонатных отложений  $P-C$  залегает кимберлитовая брекчия, участками сильно выветрелая. Это типичная остаточная кора выветривания. Вмещающий трубку разрез представлен (в пределах верхней изученной части) карбонатными и терригенно-карбонатными породами  $E_3$ ,  $O_{1-2}$ ,  $S_1$  (на отдельных участках). Контакты кимберлитовых пород с вмещающими образованиями обычно резкие и чёткие. На отдельных участках вмещающие породы на контактах с кимберлитами раздроблены и брекчированы. Мощность таких зон колеблется от 0,5 до 5,0 м, достигая изредка 12 м. Иногда фиксируют чётко выраженные участки термального воздействия кимберлитового расплава и его гидротермальных растворов на вмещающие породы, что проявлено в заметном их уплотнении, частичном ороговикании и изменении окраски.

**Кимберлитовые трубки, полностью перекрытые мезозойскими отложениями**, обнаружены в Малоботуобинском и Среднемархинском алмазоносных районах, хотя большинство исследователей датирует возраст самих кимберлитов этих территорий как  $PZ_{2-3}$ . В Малоботуобинском районе это трубки Интернациональная, им. XXIII съезда КПСС и Дачная, открытые с помощью комплекса геолого-геофизических методов. Диаметры небольшого размера, но содержат алмазы высокого качества (большая часть ювелирных).

*Трубка Интернациональная*, расположенная в 16 км к юго-западу от трубки Мир на правом берегу р. Ирелях (в верхнем течении её правых притоков Маччоба-Салаа и Улаах-Юрях), тяготеет к Западному региональному разлому [16, 20]. Трубка внедрилась в осевую зону Кюэляхского разлома, и её сопровождает система даек, ориентированных в северо-восточном, северо-западном и почти меридиональном направлениях [10, 11]. На

поверхности она имеет форму неправильного овала, вытянутого на северо-запад. В результате разведки диатремы до 955 м установлено [20], что в среднепалеозойское и мезозойское время около 470 м верхней части диатремы было уничтожено вследствие длительной эрозии, поэтому от раструбы сохранилась только его нижняя 120-метровая часть (рис. 3).

Ниже остатки раструбы переходят в цилиндрический канал. До разведанной глубины размер трубки существенно не уменьшается, стабильной остаётся и продуктивность руд [19, 20]. Диатрема прорывает горизонтально залегающие терригенно-карбонатные породы нижнего ордовика и кембрия, а её перекрывают отложения  $J_1$  мощностью 2,1–9,2 м. В верхней части трубки характерно чередование прослоев (до 5 см) мелко- и крупнопорфирового кимберлита с различными по размеру зёрнами измененного оливина, пирропа и пикроильменита. В мелкопорфировых кимберлитах количество псевдоморфоз серпентина и кальцита по оливинолу не превышает 20 %, тогда как в крупнопорфировых оно достигает 50–60 % объема породы. Размер минералов в мелкопорфировых слоях составляет 0,3–0,8 мм, в крупнопорфировых – до 7–8 мм. Верхние горизонты трубки сложены породами двух типов – кимберлитовыми брекчиями (до 99 %) и массивными кимберлитами. Из ксенолитов наиболее распространены (5–15 %) обломки терригенно-карбонатных пород. Есть также единичные обломки траппов и кристаллических сланцев фундамента платформы. Повышенное (40–60 %) количество ксенолитов терригенно-карбонатных пород фиксируют в приконтактной зоне, особенно на участках пологого залегания контактов кимберлитов с вмещающими образованиями.

До глубины 370 м в породах относительно высокое содержание примеси терригенного материала вмещающих пород; песчаная, алевритовая и глинистая фракции состоят из кварца, полевых шпатов, турмалина, ставролита, титанита и других устойчивых минералов. Глубже их количество резко снижается вплоть до полного исчезновения в самых глубоких частях трубки.

Кимберлиты трубки Интернациональная уникальны по содержанию алмазов [10, 20]. Среди кристаллов алмаза доминируют (рис. 4) октаэдры (до 65 %), ромбододекаэдры составляют до 9 %, комбинационные формы – до 28 %. До 71 % алмазов бесцветны. Преобладает ультраосновной тип парагенезисов (до 99 %) при резко подчиненной роли эглогитового.

Относящаяся к этому же геолого-поисковому типу *кимберлитовая трубка имени XXIII съезда КПСС* расположена в 14 км к юго-западу от трубки Мир и приурочена к Западному региональному разлому.

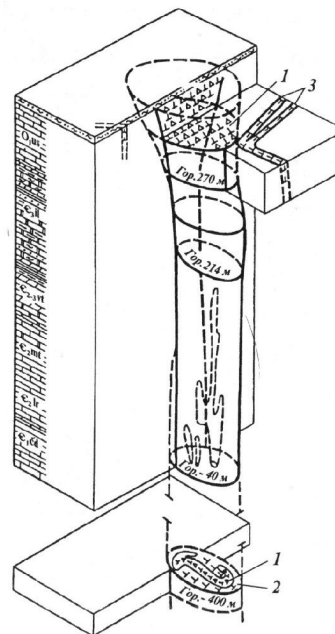


Рис. 3. Блок-диаграмма кимберлитовой трубки Интернациональная:

- 1 – кимберлитовая брекчия;
- 2 – порфировый кимберлит;
- 3 – кимберлитовые дайки.





Рис. 4. Алмазы из кимберлитов трубки Интернациональная (Мирнинское поле).

Она полностью перекрыта 12–20-метровой толщей терригенных отложений  $J_1$ , в которых выделяют две пачки: нижнюю (укугутская свита) и верхнюю (домерский ярус). На поверхности трубка имеет размер  $120 \times 80$  м; форма овальная, длинная ось ориентирована в северо-западном направлении. В верхней части трубка имеет крутопадающие контакты, которые на глубине 100 м заметно выволаживаются, на глубине 150 м трубка уже имеет дайкообразную форму. Рельеф трубки под осадками  $J_1$  неровный. В южной части фиксируют отчетливо выраженную возвышенность с превышением кимберлитов над поверхностью вмещающих пород  $PZ_1$  на 10–12 м. Перекрывающие трубку породы слагают своеобразную антиклинальную складку. Сама диатрема прорывает горизонтально залегающие терригенно-карбонатные отложения  $O_1$  и  $E$ .

В северо-восточной части трубки под отложениями  $J_1$  сохранилась древняя кора выветривания кимберлитов мощностью 8–12 м. В её глинистой части преобладает монтмориллонит с примесью каолинита, гидрослюда, хлорита и серпентина [6, 8, 9, 11, 20]. Из первичных минералов в выветрелом кимберлите обнаружено пироп, пикроильменит и хромит. Отмечено характерную особенность: увеличение в коре выветривания, по сравнению с плотным кимберлитом, концентраций алмаза, пикроильменита и хромшпинелидов. Количество пироба в измененном кимберлите несколько меньше, чем в плотной породе, что связано с растворением минерала под действием гипергенных процессов. Выявлено сильную химическую коррозию зерен пироба (наличие на поверхности зерен правильных структур, а также каверн и каналов травления). Часть зёрен приобрела не свойственную им огранку в виде своеобразных кубоидов, которых нет в неизменённой породе. Пикроильменит и хромшпинелиды в гипергенных условиях более устойчивы, но и на них иногда видны следы коррозии.

Алмазоносность кимберлитов трубки исключительно высокая, причём в пределах плотного кимберлита она распределена относительно равномерно. В то же время содержание алмазов в коре выветривания кимберлитов более, чем в шесть раз выше, по сравнению с плотной породой. Среди алмазов преобладают [7, 10] октаэдры (> 75 %), более 6 % составляют ромбододекаэдры и около 20 % – комбинационные формы; кубические кристаллы редки. Подавляющее большинство зерен алмазов в плотных кимберлитах

относится к бесцветным разностям, а в коре выветривания преобладают кристаллы цвета морской волны, что может быть связано с постмагматическими изменениями минерала.

Недалеко от описанной диатремы находится *кимберлитовая трубка Дачная*, приуроченная к Параллельному разлому. Она перекрыта осадочными толщами  $J_1$  мощностью 15–21 м. Рельеф под этими отложениями неровный, с превышением до 6 м. Размеры трубки на поверхности –  $120 \times 100$  м. Форма её близка к овалу, длинная ось которого ориентирована в северо-западном направлении. На глубине 105 м от поверхности площадь горизонтального сечения трубки уменьшается примерно в два раза. Самая верхняя часть представлена сильно измененной породой коры выветривания, практически лишённой первичной материнской структуры. Глубже залегает выветрелый кимберлит, полностью сохранивший структуру исходной породы. Среди продуктов выветривания преобладает монтмориллонит, ассоциирующий с каолинитом, гидрослюдой, хлоритом и серпентином. С глубины 65 м и ниже развиты сравнительно менее изменённые кимберлитовые брекчии. Они содержат обломки терригенно-карбонатных пород, отдельные зерна кварца, полевых шпатов и других в различной степени изменённых минералов. Редко встречаются обломки траппов и кристаллических сланцев фундамента платформ, сцементированные кимберлитовым материалом, который состоит из псевдоморфоз монтмориллонита, серпентина и карбонатов по оливину, относительно редких зерен пирропа, пикроильменита и хромшпинелидов, заключённых в агрегате серпентин-монтмориллонит-карбонатного состава. В целом распределение алмазов в диатреме почти равномерное, лишь в приконтактных частях трубки их содержание несколько снижается. Среди кристаллов преобладают октаэдры (47 %) и комбинационные формы (~ 40) при подчиненной роли ромбододекаэдров (~ 12 %).

К этому же геолого-поисковому типу относятся диатремы *Накынского кимберлитового поля* в пределах Среднемархинского алмазоносного района, который охватывает территорию среднего течения р. Марха и верхнего течения р. Тюкян (левого притока Вилюя). Геолого-структурные особенности района определены его приуроченностью к зоне сочленения кратонной и депрессионно-деструктивной областей центральной части Сибирской платформы [11, 12, 18]. Основные структуры кратонной области, в пределах которой открыты кимберлитовые трубки Ботуобинская, Нюрбинская и тело Майское, таковы: на севере – южная оконечность Анабаро-Оленёкской антеклизы, на северо-западе – Сюгджерская седловина, на юго-востоке – северная часть Вилюйской синеклизы. Как таксон этого поля принято тектонический блок ( $20 \times 30$  км), разделённый разломами на две примерно одинаковые по площади части. Они ограничены относительно крупными зонами ортогональных разломов, которые хорошо выделяются по результатам интерпретации магнитного и гравитационного наземных полей, а также по аэромагнитным данным. Разломы имеют северо-восточное и северо-западное простирание. Первые более протяженные и прямолинейные, вторые – часто прерывистые, в плане – дуго- и кулисообразные. Разломы обоих направлений выполнены крутопадающими дайками долеритов. Нарушения северо-восточного простирания – это отдельные ветви гигантской системы разломов Вилюйско-Мархинского пояса  $PZ_2$ . Рассматриваемый тектонический блок поля расположен в осевой части пояса. Для структуры рудного узла трубок Ботуобинская и Нюрбинская характерны проявления локальных разрывных дислокаций, которые картируют во вмещающих их осадочных толщах в пределах околотрубочного пространства.

*Трубка Ботуобинская* расположена в истоках ручья Дьяхтар-Юрэгэ (левый приток р. Марха) в поле сплошного развития осадочных толщ  $J_1$  мощностью до 80 м. Это полностью погребенное кимберлитовое тело. Фактически это сложное, сдвоенное кимберлитовое тело, южная часть которого – дайкоподобное образование северо-восточного простирания, а северо-восточная имеет форму овала. На месторождении развиты кимберлиты двух фаз, ранняя из которых представлена порфировым кимберлитом, слагающим дайковую часть трубки и не выходящим на дневную поверхность. Более поздняя фаза взрывных кимберлитовых брекчий связана с верхней частью дайкоподобного образования и вертикальным каналом трубчатого тела. В верхней части этого тела сохранились породы кратерных фаций, известные на некоторых диатремах Далдыно-Алаkitского алмазносного района [3, 10, 11, 20]. Наличие кратерных построек, выполненных кимберлитовыми туфобрекчиями, свидетельствует о незначительном эрозионном срезе трубки. Туфобрекчии верхних горизонтов кратера (северо-восточная часть трубки) – это бескорневые кимберлитовые породы начальной взрывной стадии формирования диатремы. Их материнской породой являются подстилающие автолитовые кимберлитовые брекчии. В верхних горизонтах трубки выявлено остаточную кору выветривания, мощность которой в отдельных местах достигает 15–20 м.

Трубка Ботуобинская принадлежит к кимберлитовым телам со средним содержанием глубинных индикаторных минералов, среди которых доминирует хромшпинелид-гранатовая ассоциация. По комплексу типоморфных признаков и характеру их связи с крупностью алмазы этой трубки не имеют аналогов среди известных кимберлитовых тел Якутской алмазносной провинции и Мира [10, 20]. Одной из типоморфных особенностей алмазов является низкое содержание ламинарных ромбододекаэдров и отсутствие типичных округлых алмазов “уральского” типа. В значительном количестве есть псевдоромбододекаэдры “мархинского” типа, псевдокубического габитуса первой разновидности [18], а также алмазы с оболочкой четвертой разновидности.

К этой же геолого-поисковой обстановке относится *кимберлитовая трубка Нюрбинская*, расположенная в Накынском кимберлитовом поле в верховье ручья Дюлюнг-Оту (правый приток р. Накын), в 3,3 км к северо-востоку от трубки Ботуобинская. Трубка приурочена к осевой линии Дьяхтарского разлома. Она прорывает алевритисто-глинисто-карбонатные отложения  $E_3$  и  $O_1$ , а перекрывает её чехол из терригенных отложений  $J_{1-2}$  (укугутская, тюнгская и сунтарская свиты) и дезинтегрированных продуктов коры выветривания  $T_{2-3}$  общей мощностью 55–60 м (рис. 5). Погребенная поверхность трубки неровная, с небольшой выпуклостью вдоль юго-западного борта и чашеобразным углублением в центральной части. На одном из таких участков трубки зафиксировано сложный структурно-тектонический план, поскольку на глубине 124,0–126,5 м в пределах юго-западного фланга выявлено жильное тело кимберлитов [11, 20]. Вблизи юго-западного и восточного бортов вскрыты карстовые полости, заполненные делювиально-оползневыми образованиями мощностью до 20–42 м и обогащенные продуктами коры выветривания кимберлитов. Существенным структурным элементом трубки является нарушение целостности рудного тела вследствие его прорыва мощной интрузией субщелочных траппов (секущее тело мощностью более 250 м, сложенное мелко- и среднезернистыми долеритами от темно-серого до черного цвета).

Трубка Нюрбинская сложена автолитовыми кимберлитовыми брекчиями, среди которых выделяются мелко-среднеобломочные брекчии центральной части рудного тела и

карбонатная кимберлитовая брекчия приконтактовой зоны северо-восточного и юго-западного флангов диатремы. Автолитовые брекчии центральной части трубки – это мелко-среднепорфировые породы зеленовато- или голубовато-серого цвета с автолитовой структурой цемента.

В тяжелой фракции кимберлитовых пород преобладают пироп и хромшпинелиды, реже встречаются пикроильменит, оливин и клинопироксен.

Алмазы из кимберлитов трубки Нюрбинская близки к таковым из Ботуобинской с некоторыми отличиями (рис. 6).

В целом алмазы трубки Нюрбинская имеют [10, 11] комплекс типоморфных особенностей, свойственных алмазам из наиболее продуктивных диатрем ЯКП. Характерно, что установленное соотношение ассоциации октаэдрических кристаллов первой разновидности (“мирнинского” типа) и алмазов, окрашенных оболочкой, четвертой разновидности (“айхальского” типа) впервые обнаружено именно на данной территории. Это свидетельствует о широком диапазоне условий образования алмазов из кимберлитовых тел Накынского поля, по сравнению с другими регионами ЯКП, и присутствию среди них повышенного количества кристаллов эклогитового парагенезиса.

Для обеих изученных диатрем Накынского поля характерна слабая намагниченность кимберлитов, что затрудняет поиски таких диатрем геофизическими методами.

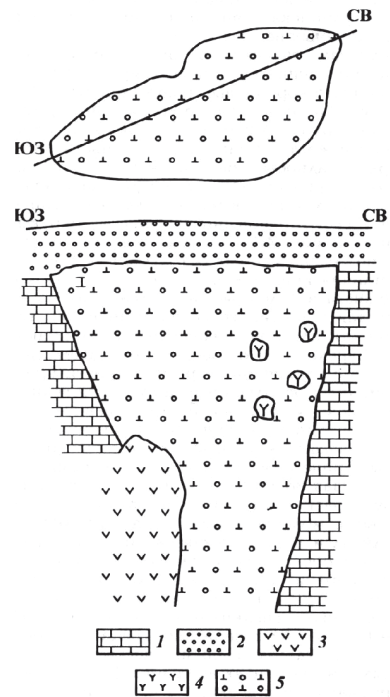


Рис. 5. Схематический план и разрез трубки Нюрбинская:

1 – карбонатные и терригенно-карбонатные породы палеозоя; 2 – терригенно-карбонатные породы юры; 3 – интрузии долеритов; 4 – порфировые кимберлиты; 5 – автолитовые кимберлитовые брекчии.



Рис. 6. Алмазы из кимберлитовой трубки Нюрбинская (Накынное поле).

В Далдыно-Алакитском алмазонасном районе открыто ряд **кимберлитовых трубок, интродуцированных траппами без существенного перемещения отторгнутых блоков**. Примером таких модельных поисковых объектов являются кимберлитовые трубки Комсомольская, Ленинградская, Сытыканская, Краснопресненская и др. Показательным модельным объектом можно считать *трубку Краснопресненская*. Она расположена в верховье р. Алакит, приурочена к юго-западному флангу центральной рудоконтролирующей зоны, которая вмещает более трети всех известных диатрем в Алакит-Мархинском поле. С поверхности трубка полностью перекрыта терригенно-карбонатными толщами перми-карбона, туфогенными отложениями триаса и интродуцированными породами трапповой формации мощностью в среднем до 78 м (рис. 7).

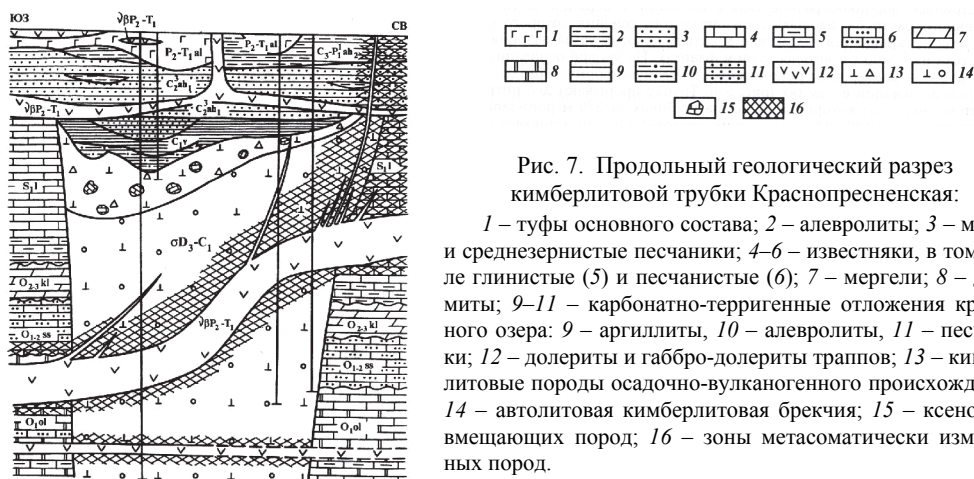


Рис. 7. Продольный геологический разрез кимберлитовой трубки Краснопресненская:

1 – туфы основного состава; 2 – алевролиты; 3 – мелко- и среднезернистые песчаники; 4–6 – известняки, в том числе глинистые (5) и песчаные (6); 7 – мергели; 8 – доломиты; 9–11 – карбонатно-терригенные отложения кратерного озера: 9 – аргиллиты, 10 – алевролиты, 11 – песчаники; 12 – долериты и габбро-долериты траппов; 13 – кимберлитовые породы осадочно-вулканогенного происхождения; 14 – автолитовая кимберлитовая брекчия; 15 – ксенолиты вмещающих пород; 16 – зоны метасоматически измененных пород.

В плане под перекрывающими отложениями трубка имеет форму овала. В разрезе это асимметричное воронкообразное тело с чётко выраженным раструбом в верхней части. Характерным структурным элементом одного из участков трубки является компенсационное погружение над- и околотрубочного субстрата, связанное с воздействием на осадочные породы гидротермальных растворов; это обусловило формирование обширной мульды проседания, что можно считать надёжным поисковым признаком на погребённые кимберлиты. Погребённая поверхность трубки неровная, с чашеобразным углублением в её центральной части, заполненным кратерными отложениями. Существенную роль в формировании рельефа поверхности трубки сыграли внедрившиеся в позднепермское–раннетриасовое время секущие тела траппов, интродуцировавшие не только перекрывающие породы, но и саму трубку.

В составе слагающих трубку пород выделяются две основные разновидности кимберлитов: туфогенные образования и автолитовые кимберлитовые брекчии, различающиеся по генезису, составу и алмазонасности. Порфиоровые кимберлиты встречаются в виде отдельных блоков. В верхней части трубки развиты породы кратерной фации. Установлено глубокое физико-химическое превращение кимберлитов под воздействием на них дифференцированных интрузий субщелочного состава [9, 11, 20]. В ходе гидротермально-метасоматических процессов кимберлиты диатремы изменились, утратили текстурно-структурные признаки материнских пород. Отсутствие в таких частях основных

макропризнаков кимберлитов существенно затрудняет интерпретацию подобных разрезов в процессе документации керна (особенно в его мерзлом виде). Идентификация таких пород сложна даже при микроскопическом изучении их в шлифах. Существенно различаются они и по химическому составу [4, 9]. Воздействие трапповых гидротерм привело также к значительному преобразованию основных реликтовых минералов кимберлитов, вплоть до полного их уничтожения в отдельных, наиболее измененных участках, поскольку характер таких изменений во многом идентичен преобразованиям индикаторных минералов-спутников алмаза из коры выветривания кимберлитов [7, 9, 11]. На контакте с долеритами выполняющие кимберлитовую трубку породы претерпели изменения, более интенсивные в висячем боку силла, где от него отходил ряд мелких апофиз, и сравнительно незначительные – в лежащем боку. Наличие зоны закалки и мелкозернистость долерита у контакта с вмещающими породами свидетельствуют о слабом их преобразовании в процессе магматической стадии становления силла. На интенсивность изменения выполняющих до внедрения основной массы пород трубки оказывали такие факторы, как степень неоднородности и место расположения их по отношению к контакту с вмещающими терригенно-карбонатными породами  $PZ_1$ . Возникшая под влиянием внедрившейся магмы зональность не является стабильной для отдельных участков. Среди алмазов трубки (рис. 8) много ромбододекаэдров (43 %) и мало октаэдров (10 %). Около трети алмазов представлено бесформенными осколками, более половины уплощенные, со скульптурированными протоматматическими сколами.



Рис. 8. Алмазы из кимберлитов трубки Краснопресненская (Алакит-Мархинское поле).

**Кимберлитовые трубки, интродуцированные траппами с отторжением и перемещением блоков кимберлитов**, установлены в Алакит-Мархинском поле. Здесь перемещение блоков осадочных пород нижнего и верхнего палеозоя отмечено как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Дальность таких перемещений зависит от морфологии трапповых тел и их мощности. Иногда по вертикали она сопоставима с полной мощностью силлов (до 180 м), а по горизонтали может составлять несколько сотен метров. Для материнских кимберлитовых пород, отчленённых и механически отторгнутых от трубок, обычно применяют [3, 14, 20] термин “кимберлитовый отторже-

нец”. В пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля обнаружено три крупных отторженца, материнскими породами для которых являются трубки Подтрапповая, Юбилейная и Алакитская. Все блоки отторгнутых кимберлитов – это пластообразные тела, размер которых обусловлен [14, 20] разной энергетической мощностью внедрившихся трапповых силлов, она определила и разный характер смещения отторгнутых тел.

**Протрузии кимберлитовых тел в верхнепалеозойские породы и траппы** отмечены в некоторых алмазоносных районах ЯКП (трубки Москвичка, Восток, Сытыканская и др.). Примером “диапиризма” в перекрывающие их терригенно-осадочные породы может служить трубка Москвичка в Алакит-Мархинском кимберлитовом поле. Трубка открыта в 1956 г. по индикаторным минералам-спутникам алмаза (пироп и пикроильменит) при прослеживании их ореола на поверхности траппового плато. Установлено [14, 20], что между двумя жёсткими массивами (кимберлитовым телом и силлом долеритов) зажата пачка осадочных пород *C-P*, слои которых залегают вертикально по отношению к современной поверхности. Вблизи контакта и непосредственно на самом контакте верхнепалеозойские отложения сильно разрушены и ожелезнены, а местами даже рассланцованы. Мощность этой зоны колеблется от 0,5 до 2,0 м.

В целом кимберлиты трубки Москвичка “проткнули” маломощную толщу верхнепалеозойских отложений с интродуцировавшим её трапповым силлом. Она оказалась на одном гипсометрическом уровне с упомянутыми породами, которые сегодня по отношению к кимберлитам являются вмещающими. Причину такого “протыкания” верхнепалеозойских осадочных толщ и траппов можно объяснить [9, 20] увеличением объёма кимберлитов после их перекрытия более молодыми породами. Здесь мы имеем дело с эффектом “диапиризма”, который сопровождался “задиrom” каменноугольно-пермских пород и возникновением своеобразной складки протыкания диапирового типа. Залегание слоёв на крыльях этой “складки” по мере удаления от её “ядра”, сложенного кимберлитами, постепенно выполаживается, а мощность их заметно возрастает.

На территории алмазоносных районов Сибирской платформы открыто также кимберлитовые трубки с сохранившимися **кратерными фациями**, яркими представителями которых являются трубки Юбилейная, Краснопресненская, Айхал и др. В частности, *трубка Юбилейная* прорывает толщу субгоризонтально залегающих пород осадочного чехла (кембрий–силур). Она полностью перекрыта эффузивно-терригенными образованиями *PZ<sub>3</sub>-MZ<sub>1</sub>*, интродуцированными межпластовыми телами долеритов (рис. 9). Мощность перекрывающих трубку обложений составляет в среднем 66 м, в том числе трапповых интрузий – от 0,5 до 33,9 м. Погребённая поверхность огромной (69 га) трубки неровная, относительное превышение северной её части над южной – 44–48 м. Породы кратерной фации трубки Юбилейная представлены двумя толщами: верхней осадочно-вулканогенной и нижней туфогенной. В пределах верхних горизонтов чашеобразного расширения кратерной части развиты в основном субгоризонтально залегающие осадочно-вулканогенные слабо литифицированные породы; они почти полностью слагают приповерхностную часть центрального рудного ствола (до 85 % площади трубки). Мощность их колеблется от нескольких метров в краевых частях “чаши” до 150 м в её центральной части. Содержание обломочного материала вмещающих трубку обложений колеблется от первых процентов до 60 % их объёма. Изредка в них встречаются ксенолиты глубинных пород и обломки порфировых кимберлитов, слагающих западный и восточный рудные столбы.

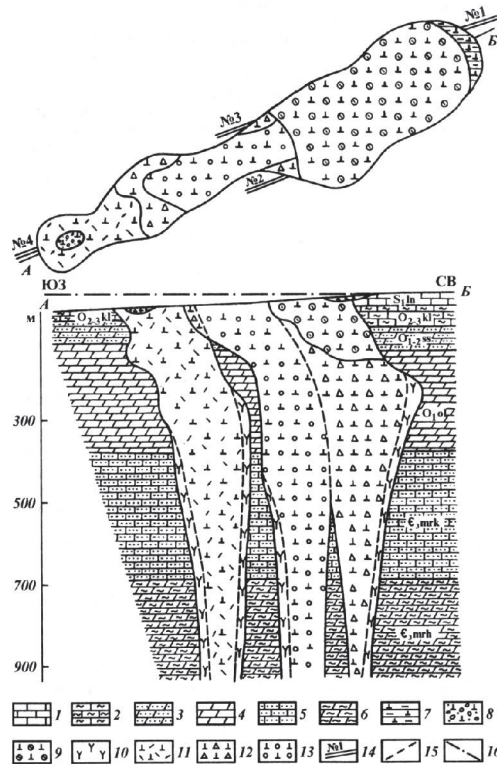


Рис. 9. Геолого-структурный план и разрез трубки Юбилейная:

1–6 – вмещающие породы: 1 – известняки лландоверийского яруса меикской свиты, 2 – мергели и глинистые известняки кылахской свиты, 3 – доломиты и песчанистые известняки сохсолоохской свиты, 4 – доломиты, глинистые доломиты и доломитистые известняки олдондинской свиты, 5 – терригенно-карбонатные породы моркокинской свиты, 6 – глинисто-карбонатные породы мархинской свиты; 7 – стратифицированные породы осадочно-вулканогенного происхождения; 8 – линзы переотложенных галечников; 9 – кимберлитовые туфы и туфобрекчии; 10 – порфировые кимберлиты интрузивной стадии формирования (первая фаза); 11–13 – кимберлитовые брекчии эксплозивной стадии внедрения: 11 – мелкообломочные юго-западного тела, 12 – туффзитовые восточной части северо-восточного тела (третья фаза), 13 – автолитовые центральной части трубки; 14 – кимберлитовые дайки; 15 – предполагаемая граница между кимберлитовыми породами различных фаз внедрения; 16 – палеоперхность трубки после высвобождения из-под траппов.

Кратерные отложения залегают на размытой поверхности автолитовых кимберлитовых брекчий центрального рудного столба. Контакты между этими породами нечёткие и расплывчатые. В основании туфогенной толщи на контакте с подстилающими эруптивными брекчиями расположена зона, сложенная крупными (до 10 м) ксенолитами вмещающих пород (так называемый ксенолитовый пояс). В разрезе верхней части кратерных образований стратифицированные породы чередуются с нестратифицированными. Слоистые породы здесь имеют форму полос и линз, которые достигают в длину нескольких десятков метров. Окраска пелитоморфных прослоев полностью зависит от цветового облика переотложенного материала. В этой части разреза часто наблюдаются зеркала скольжения, плоскость которых наклонена под острым углом к оси керна. Тол-



щу вулканогенно-осадочних порід підстиляють туфи – гетерогенні породи, складені дезинтегрованим матеріалом більш ранніх фаз внедрення кимберлитів і лапілли, виброс яких відбувався синхронно або декілька раніше по відношенню до часу утворення самої туфогенної товщі.

По морфологічним особливостям і речовинному складу складових порід трубка Ювілейна представляє типову воронку вибуха (центральна частина) і ряд дайкоподібних тіл (на флангах), які формують в її структурі три обособлених “рудних стовбів”. Центральний “стовб” в розрізі має характерну трубчасту форму з чашеобразним розширенням в межах верхньої кратерної частини; форма горизонтальних сечень близька до округлої. Західний і східний “рудні стовби” – це дайкоподібні тіла з извилистими очертаннями як в плані, так і в вертикальних сеченнях.

В структурі трубки виділяють [11, 20] породи двох головних фаз внедрення: фланги складені масивними порфіровими кимберлитами першої фази, а центральний канал, починаючи від основи чашеобразного розширення (з глибини 300 м і нижче), містить автолітові брекчії другої фази. По текстурно-структурним особливостям, речовинному складу і алмазності породи близькі між собою: вони, переважно, щільні, окрашені в сіро-зелений до темно-зеленого кольору, мають чітку порфірову структуру основної маси. В складі породи є велика кількість псевдоморфоз по оливину, рідкі зерна піропа і пікроїльменіта, які склеєні карбонат-серпентинним агрегатом. Переходи між кимберлитовими породами першої і другої фаз внедрення поступові, через зону зміщення матеріалу потужністю від 0,5 до 30 м. Характерна і неоднорідна алмазність. Найбільш високе вміст алмазів притаманно кимберлитовим породам, залягаючим під “чашей”. В “чаші” вміст алмазів низький, причому багато малих кристалів, особливо в верхній частині, де переважає неалмазний ксеногенний матеріал, що утворює мелкозернисті породи. По габітусу кристалів алмази трубки Ювілейна (рис. 10) розподілені так, %: октаедри – 27, ромбододекаедри – 22, комбінаційні форми – 16, округлі – до 10, кубоїди – до 1. Фіксують підвищену кількість алмазів з оболочкою (до 4 %) і полікристалічних агрегатів (до 8 %).



Рис. 10. Алмази из кимберлитов трубки Ювілейна.

**Кимберлитовые трубки с взрывной камерой закрытого типа** обнаружены в Далдыно-Алаки́тском алмазоносном районе (трубки Одинцова, Рот-Фронт, Якутская, обособленные мелкие тела около трубки Удачная и др.). Такого типа диатремы не имеют обычного открытого подводящего канала, достигавшего соответствующей палеоповерхности, а поэтому представляют собой “полузакрытые” геологические образования. В частности, кимберлитовая трубка Одинцова по форме приближается к дайкообразному телу, что связано с сопряженностью её с ослабленной тектонической зоной, существовавшей при внедрении кимберлитовой магмы. Диатрема приурочена к западному борту небольшого куполовидного поднятия, имеющего общую площадь несколько квадратных километров и амплитуду порядка 30–45 м. Тело перекрыто взрывными карбонатными брекчиями, маломощными осадочными образованиями *P–C* и интрузией долеритов мощностью до 80 м. Трубка Одинцова имеет двухъярусное строение. Верхняя часть диатремы, получившая название “карбонатной шапки” [11, 20], – это переработанный взрывными процессами кимберлитовмещающий субстрат (карбонатные породы низов  $S_1$ ), превращенный в разнообломочные карбонатные брекчии. Ниже “карбонатной шапки” залегает собственно кимберлитовое тело, для которого характерна общая удлиненность, наличие расширяющегося кверху раструба с размером  $140 \times 150$  м по вертикали и быстрый переход с глубиной сначала в подводящий канал в виде дайкообразного тела, а затем в серию тонких субпараллельных жил.

**Кимберлитовые трубки, перекрытые маломощными элювиальными или делювиальными отложениями**, открыты на Сибирской платформе на первых этапах прогнозно-поисковых работ. Яркими поисковыми объектами такого типа могут служить трубки Мир, Удачная и др. В зависимости от размеров кимберлитовых тел, особенностей их вещественного состава и геологического развития территории такие диатремы могут по-разному выражаться в геофизических полях и формировать ореолы рассеяния в различной степени измененного кимберлитового материала. Трубки Мир и Удачная, имеющие крупный размер и высокие концентрации индикаторных минералов-спутников, при размывании давали чётко выраженные ореолы рассеяния, позволившие сравнительно легко направить геологов-исследователей на выявление материнских пород.

Так, *кимберлитовая трубка Мир* вместе с *трубкой Спутник* и системой даек (рис. 11) приурочена к Параллельному глубинному разлому. На поверхности она имеет форму овала со слабым пережимом примерно в средней части. Её размер по длинной оси, ориентированной в северо-западном направлении, – 490 м, по короткой – 320 м. До глубины 200 м это типичная воронка, глубже (до 900 м) – цилиндрическое тело с незначительным сужением книзу, а еще глубже (900–1 000 м от поверхности) она переходит в серию подводящих даек. Трубка прорывает терригенно-карбонатные и галогенно-карбонатные породы ордовика и кембрия, два силла (на глубине 500 м – мощностью 12–34 м, в интервале 1 100–1 200 м – 70 м) и дайку диабазов  $D_3$ . Терригенно-карбонатные породы представлены известняками, доломитами, мергелями, алевритами и их переходными разностями. Сверху кору выветривания кимберлитов трубки перекрывали маломощные четвертичные отложения.

Верхние горизонты диатремы образовались [3–5, 7–9, 13, 14, 16, 17, 20] в результате трёхфазного внедрения кимберлитового расплава.

Кимберлитовые брекчии первой фазы слагают большую часть северо-западной половины трубки, в то время как аналогичные породы второй фазы на уровне современного

эрозионного среза локализованы в её юго-западной части и инъецируют брекчии северо-западной половины диатремы. Кимберлитовые породы третьей фазы формируют на юго-востоке трубки вытянутое в северо-западном направлении дайкоподобное тело размером  $30 \times 120$  м. Его контакты с вмещающими кимберлитовыми брекчиями секущие, а в самой зоне контакта широко развита сульфидная минерализация. В 131 м на северо-восток от трубки Мир открыта трубка Спутник размером в плане  $140 \times 90$  м. По степени выветрелости и постмагматических изменений среди кимберлитовых пород трубки выделяется несколько разновидностей.

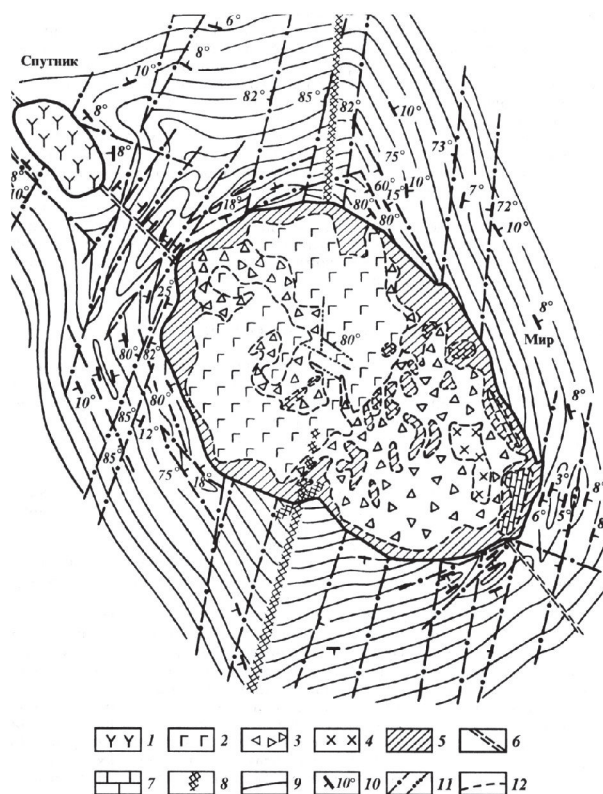


Рис. 11. Геолого-структурная схема трубок Мир и Спутник:

1 – трубка Спутник; 2–4 – трубка Мир, кимберлиты, соответственно, первой–третьей фаз внедрения; 5 – зона эндоконтакта; 6 – кимберлитовая дайка; 7 – ксенолиты осадочных пород; 8 – зона дробления с галенитовой и сфалеритовой минерализацией; 9 – вскрытые карьером пласты вмещающих карбонатных пород; 10 – элементы залегания осадочных пород и разрывных нарушений; 11 – разрывные нарушения; 12 – границы разновидностей кимберлитовых пород.

Кимберлиты трубки Мир богаты индикаторными минералами-спутниками и алмазами. Эрозионный срез верхних частей месторождения большой: по данным разным исследователей – до 350–400 м, поэтому отдельные разности древних осадочных толщ верхнего палеозоя, мезозоя и современные отложения Малоботуобинской кимберлитовой провинции содержат повышенные концентрации индикаторных минералов-спутников, а иногда и самих алмазов.

Алмазы трубки Мир (рис. 12) представлены октаэдрами (до 61 %), комбинационными кристаллами (до 29), ромбододекаэдрами (до 10 %), кубов меньше 1 %. Преобладают бесцветные индивиды (до 75 %), но встречаются также дымчато-серые (до 14 %), буровато-коричневые (до 7), желтые (0,9), голубовато-зеленые (0,6 %). Общая доля сростков достигает 18 %, шпинелевых двойников – до 10 %. Включения других минералов в алмазах из трубки Мир относятся к двум парагенезисам [10, 20]: ультраосновному (99,4 %) и эклогитовому (0,6 %).



Рис. 12. Алмазы из кимберлитовой трубки Мир (Мирнинское поле).

Таким образом, несмотря на индивидуальность различных геолого-поисковых обстановок и каждого кимберлитового тела, между ними существует много общего. Это дало возможность создать обобщенную модель алмазоносной трубки Якутской кимберлитовой провинции, в которой отражены и переход вертикального канала диаатремы в подводную дайку, и особенности взаимоотношения этих объектов с древними (*D*) и молодыми (*P-T*) траппами, то есть можно проследить характер сопряженности системы тел главная трубка–сателлит–подводящая и дотрубочная дайки. На разведанную глубину трубок вмещающими породами являются терригенно-карбонатные образования нижне-го–верхнего кембрия и нижнего силура, представленные известняками, доломитами, мергелями, алевролитами и промежуточными разностями этих пород. В южной части Сибирской платформы (Мирнинское кимберлитовое поле) среди вмещающих пород значительно развиты пласты и линзы каменной соли, особенно много их в нижнекембрийских отложениях на глубине 900–1 200 м. Довольно часты прослои и линзы гипса и ангидрита. В Малоботубинском алмазоносном районе некоторые кимберлитовые тела перекрыты осадочными толщами  $J_1$  (песчаники, алевролиты, слабо сцементированные гравийные и галечные образования), современная мощность которых колеблется от первых метров до 20 м. Севернее, в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе, над частью кимберлитовых тел залегают терригенные образования *P-C* мощностью от первых метров до 100 м и более; это сложное чередование алевролитов, песчаников, глинистых и углисто-глинистых сланцев, гравелитов и конгломератов. Верхнепалеозойский комплекс осадочных и вулканогенно-осадочных пород интродуцирован многочисленными пластовыми и секущими телами траппов.

В диатремовых структурах различают (сверху вниз): раструб, венчающийся в неэродированных аппаратах кольцевым валом, вулканический (вертикальный) канал и корневую часть – подводящий канал в виде дайкового тела. Каждая из этих частей трубки сложена породами с определенными минералогическими и текстурно-структурными особенностями. Существенные закономерности в смене пород создают своеобразную вертикальную зональность коренных месторождений алмазов на каждой древней платформе.

Ксенолиты кимберлитовых трубок Сибирской платформы разделяют на четыре группы: 1) осадочные породы платформенного чехла, являющиеся вмещающими для диатрем; 2) изверженные – траппы, внедрившиеся в осадочный чехол до образования диатрем; 3) метаморфические, слагающие фундамент платформы; 4) глубинные, преимущественно мантийного происхождения.

Содержание индикаторных минералов-спутников алмаза – пирропа, пикроильменита и хромшпинелидов – на глубоких уровнях выше, чем в верхних частях, хотя в разных трубках оно неодинаково. В наиболее полных разрезах верхов диатрем для осадочно-вулканогенных пород характерны выделения вторичных минералов (крупные жилы, жеоды, гнезда и т. п.). В туфах и верхних горизонтах брекчий есть скопления крупных друз и прожилков кварца (в основном аметиста), кальцита и магнетита. Степень карбонатизации кимберлитов (как и в целом развития вторичных минералов) с глубиной значительно снижается. Существенное влияние на направленность и интенсивность развития вторичной минерализации в кимберлитах имеют состав и характер вмещающих трубки пород.

Приведенный материал подтверждает сложность геолого-структурных условий, которые нужно учитывать при прогнозно-поисковых работах на алмазы. Нередко поиски диатрем являются сложной задачей, особенно в случае отсутствия продуктов дезинтеграции этих пород, что снижает результативность применяемого шлихо-минералогического метода. Существенно снижается и результативность геофизических методов поисков из-за низкой намагниченности пород, слагающих диатремы, и перекрытия их мощными толщами магматических/осадочных образований. Надёжным критерием при поисках в таком случае являются структурно-текстурные особенности и вещественный состав вмещающих пород, самих диатрем и перекрывающих их отложений, особенно в случае образования в них алмазоносных россыпей. Пристальное внимание следует уделять диагностике и определению типоморфных особенностей первичных и вторичных минералов кимберлитов, особенно с учетом того, что основная часть вторичных минералов малоустойчива при транспортировке в водной среде, однако даже в случае существенных их изменений указывает на близкие расстояния перемещения от областей размыва.

Важнейшую поисковую информацию получают при изучении типоморфных особенностей самих алмазов и их парагенетических ассоциаций, характерных для конкретных кимберлитовых полей и диатрем. Обычно распространение отдельных минеральных ассоциаций в древних и современных осадочных образованиях ограничено пределами конкретных алмазоносных районов. Анализируя распределение типоморфных особенностей минералов и их парагенетических ассоциаций по площади и в разрезе, можно определять источники их сноса в разновозрастные верхнепалеозойские и мезозойские отложения алмазоперспективных территорий. Особо отметим полигенность минералогических ассоциаций алмазов из разновозрастных россыпей в пределах отдельных алма-

зоносных районов (особенно Малоботуобинского и Средне-Мархинского), причем россыпная алмазоносность достигает иногда промышленной концентрации. Локальный прогноз коренных источников алмаза возможен при более крупномасштабных исследованиях с использованием электронной базы данных с геологической привязкой, привлечением и анализом всех имеющихся литолого-минералогических материалов.

Надо обращать внимание на возможность развития в отдельных геолого-поисковых обстановках в верхних горизонтах кимберлитовых диатрем продуктов древних кор выветривания; они существенно меняют петрофизические свойства исходных пород, что затрудняет их поиски с применением геофизических методов. На примере комплексного изучения диатрем Накынского поля подчеркнута важность задач по совершенствованию методик прогнозирования и поисков немагнитных кимберлитовых диатрем, особенно перекрытых другими магматическими и осадочными породами. Определять приуроченность отторженцев к материнским телам наиболее уверенно и четко можно на основании сопоставления их петрологических и минералогических особенностей.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В. П. Поисковая минералогия алмаза / В. П. Афанасьев, Н. Н. Зинчук, Н. П. Похиленко. – Новосибирск : Гео, 2010. – 650 с.
2. Богатых М. М. Вещественный состав и условия формирования кимберлитовых пород трубки Сытыканская / М. М. Богатых, Г. А. Пономаренко, В. П. Серенко // Бюлл. науч.-техн. информации. – Якутск, 1979. – С. 3–13.
3. Ваганов В. И. Алмазные месторождения России и Мира (Основы прогнозирования) / В. И. Ваганов. – М. : Геоинформмарк, 2000. – 371 с.
4. Василенко В. Б. Петрохимические модели алмазных месторождений Якутии / В. Б. Василенко, Н. Н. Зинчук, Л. Г. Кузнецова. – Новосибирск : Наука, 1997. – 568 с.
5. Вторичные минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, Ю. М. Мельник, Н. П. Мовчан. – Киев : Наук. думка, 1987. – 282 с.
6. Геология, вещественный состав и алмазоносность кимберлитов Накынского поля Якутии / Н. Н. Зинчук, С. Г. Алябьев, В. И. Банзерук [и др.] // Геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России. – Воронеж : ВГУ, 2005. – С. 807–824.
7. Закономерности изменения мантийных минералов в коре выветривания кимберлитов / В. П. Афанасьев, Н. Н. Зинчук, А. Д. Харьков, В. Н. Соколов // Минерагеня зоны гипергенеза. – М. : Наука, 1980. – С. 45–54.
8. Зинчук Н. Н. Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы (в связи с проблемой поисков и разработки алмазных месторождений) / Н. Н. Зинчук. – Новосибирск : НГУ, 1994. – 240 с.
9. Зинчук Н. Н. Постмагматические минералы кимберлитов / Н. Н. Зинчук. – М. : Недра, 2000. – 538 с.
10. Зинчук Н. Н. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы / Н. Н. Зинчук, В. И. Коптиль. – М. : Недра, 2003. – 603 с.
11. Зинчук Н. Н. Кимберлиты в истории Земли : [Учеб. пособие] / Н. Н. Зинчук, А. Д. Савко, А. В. Крайнов // Тр. НИИ геологии ВГУ. – 2013. – Вып. 68. – 100 с.

12. Кимберлитовая трубка Удачная (вещественный состав и условия формирования) / Н. Н. Зинчук, З. В. Специус, В. В. Зуенко, В. М. Зуев. – Новосибирск : НГУ, 1993. – 147 с.
13. Маршинцев В. К. Вертикальная неоднородность кимберлитовых тел Якутии / В. К. Маршинцев. – Новосибирск : Наука, 1986. – 239 с.
14. Никишов В. А. Петролого-минералогическая модель кимберлитового процесса / В. А. Никишов. – М. : Наука, 1984. – 212 с.
15. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза / Ю. Л. Орлов. – М. : Наука, 1984. – 264 с.
16. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии / А. П. Бобриевич, И. П. Илупин, И. Т. Козлов [и др.]. – М. : Недра, 1964. – 190 с.
17. Слюдяный кимберлит из трубки Удачная-Восточная / К. Н. Егоров, В. П. Корнилова, А. Ф. Сафронов, Н. Д. Филиппов // Докл. АН СССР. – 1986. – Т. 291, № 1. – С. 199–202.
18. Соболев Н. В. Кимберлиты, лампроиты и проблема состава верхней мантии / Н. В. Соболев, А. Д. Харьков, Н. П. Похиленко // Геология и геофизика. – 1986. – № 7. – С. 18–27.
19. Францессон Е. В. Кимберлитовый магматизм древних платформ / Е. В. Францессон, В. Г. Лутц. – М. : Недра, 1995. – 342 с.
20. Харьков А. Д. Коренные месторождения алмазов Мира / А. Д. Харьков, Н. Н. Зинчук, А. И. Крючков. – М. : Недра, 1998. – 556 с.

*Стаття: надійшла до редакції 10.12.2014  
прийнята до друку 04.09. 2015*

## **ГЕОЛОГО-МІНЕРАЛОГІЧНІ МОДЕЛІ У ЗВ'ЯЗКУ З РОЗШУКАМИ АЛМАЗОНОСНИХ КІМБЕРЛІТІВ**

**М. Зінчук**

*Західнокутський науковий центр Академії наук РС(Я),  
вул. Леніна, 4/1, 678170 м. Мирний, РФ  
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

Виконані дослідження геологічної будови та речовинного складу кимберлітів Сибірської платформи засвідчили складність і багатоманітність геолого-мінералогічних і палео-географічних умов, що потрібно брати до уваги під час організації прогнозно-розшукових робіт на алмази в кожному конкретному районі. Особливості прогнозування та розшуків алмазів залежать від геолого-мінералогічної та геоморфологічної обстановки залягання кимберлітових діатрем.

Важливим критерієм для розшуків кимберлітових тіл за різних геолого-тектонічних умов є знання про речовинний склад розшукуваних діатрем, вмисних і перекривних осадових і магматичних утворень. Рекомендовано максимально використовувати для цього типоморфні особливості первинних і новоутворених у діатремах мінералів.

Доведено, що кожному алмазоносному району притаманний певний комплекс типоморфних асоціацій первинних і вторинних мінералів кимберлітів. У більшості алмазоносних

кімберлітових трубок переважають алмази з ультраосновною асоціацією включень твердих фаз (олівін, хроміт, піроп та ін.).

*Ключові слова:* кімберлітова трубка, алмаз, типоморфізм мінералів, алмазоносний район, вмісні породи, кора звітрювання, прогнозно-розшукові роботи, Сибірська платформа.

## **GEOLOGICAL-MINERALOGICAL MODELS IN CONNECTION WITH PROSPECTING OF DIAMONDIFEROUS KIMBERLITES**

**N. Zinchuk**

*West-Yakut Scientific Centre of the Sakha (Yakutia) Republic Academy of Sciences,  
4/1, Lenin St., 678170 Myrnyi, Russia  
E-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

The conducted research of the geological structure and material composition of kimberlites of the Siberian platform demonstrated the complexity and diversity of geological-mineralogical and paleogeographic environments that should be considered during the organization of forecasting and prospecting works for diamonds in each specific region.

We have created a generalized model of the diamond-bearing pipe of the Yakut kimberlite province; it traced the nature of the conjugation system of bodies “main pipe–satellite–incurrent and pre-pipe dykes”. The host rocks (at the explored depth of the pipes) are terrigenous-carbonate formations of the Lower–Upper Cambrian and Lower Silurian – limestones, dolomites, marls, aleurolites and intermediate species of these rocks. Layers and lenses of rock salt, and interlayers and lenses of gypsum and anhydrite are significantly developed among the host rocks in the southern part of the Siberian platform. Some kimberlite bodies are covered with sedimentary strata of  $J_1$ , the present capacity of which varies from a few meters to 20 m, and some – with terrigenous rocks of  $P-C$  (up to 100 m and more). Upper Palaeozoic complex of sedimentary and volcanogenic-sedimentary rocks is intruded by numerous bed and cross-cutting trap bodies.

Such parts one can distinguish in diatreme kimberlite structures (top to bottom): a bell, which in non-eroded apparatus crowns a ring bank; volcanic (vertical) channel; the root part – incurrent channel in the form of the dike body. Each of these parts of the pipe is composed of rocks with certain mineralogical and textural-structural features. Certain regularities in the change of rocks create a unique vertical zoning of primary diamond deposits at each of the ancient platform.

The kimberlite xenoliths from the Siberian platform are divided into four groups: 1) sedimentary rocks of the platform cover, which are host for diatremes; 2) igneous rocks – traps, intruded the sedimentary cover before the formation of diatremes; 3) metamorphic rocks that form the platform basement; 4) hypogene rocks, mainly of mantle origin.

The content of indicator minerals-satellites of diamond – pyrope, picroilmenite and chrome spinel – on deep levels is higher than in the upper parts of the section, although in different pipes it differs. The degree of secondary minerals development in general, and carbonatization of kimberlites, in particular, greatly decreases with the depth. The composition and nature of the host rocks are of great importance for the direction and intensity of secondary mineralization development in kimberlites.

Prospecting of kimberlitic diatremes is the difficult task in the case of rock disintegration products absence, which reduces the effectiveness of heavy-concentrate-mineralogical method of prospecting. The effectiveness of geophysical methods of prospecting is significantly reduced due to the low magnetization of the rocks composing the diatreme, and because of their overlapping



by thick series of magmatic or sedimentary rocks. The reliable criterion for finding such diatremes are structural-textural characteristics and material composition of host substrate rocks, of diatremes and overlying sediments, especially in the case of diamondiferous placers formation. Close attention should be paid to the diagnosis and definition of typomorphic features of primary and secondary kimberlite minerals, especially considering the fact that the main part of the secondary minerals is unstable during transport in the aquatic environment, however, even in case of substantial changes it points the close distance of migration from erosion areas.

The most important prospecting information one can obtain by the study of typomorphic features of diamonds themselves and their paragenetic associations, characteristic for specific kimberlite fields and diatremes. Usually the distribution of certain mineral associations in ancient and modern sedimentary formations is confined within specific diamondiferous areas. Analyzing the distribution of typomorphic features of minerals and their paragenetic associations in the area and in the section, you can define the sources of their removal in mixed-age Upper Palaeozoic and Mesozoic sediments. Local prediction of the diamond primary sources is possible due to larger-scale studies using electronic databases. It is necessary to pay attention to the possibility of the ancient crusts of weathering development in the upper horizons of the diatremes, because they significantly alter the petrophysical properties of source rocks, and this greatly hampers their prospecting with the use of geophysical methods.

*Key words:* kimberlite pipe, diamond, typomorphism of minerals, diamondiferous region, host rocks, crust of weathering, geological-mineralogical model, forecast-prospecting works, Siberian platform.