

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ,  
МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

УДК 549.211:553.81

ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ МИРНИНСКОГО ПОЛЯ  
(СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)

*Н.Н. ЗИНЧУК, В.И. КОПТИЛЬ*

*Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) АН РС (Я)  
16, Чернышевское шоссе, г. Мирный 678175, Якутия, Россия  
e-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

По результатам комплексного изучения алмазов из коренных тел Мирнинского кимберлитового поля выделены три группы резко различающихся по типоморфным особенностям кристаллов, связанные с тремя разделёнными во времени фазами алмазоносного магматизма (I — жила А-21; II — трубки Таёжная и Амакинская; III — трубки Мир, Интернациональная, имени XXIII съезда КПСС, Дачная и Спутник). Для первой наиболее ранней группы характерно низкое содержание октаэдров с преобладанием индивидов ромбододекаэдрического габитуса; во второй — отмечается примерно равное соотношение кристаллов октаэдрического и ромбододекаэдрического габитусов; в третьей — наиболее высокопродуктивных диатрем — свойственно резкое преобладание груболаминарных кристаллов октаэдрического и переходного от него к ромбододекаэдрическому габитусов. Важное значение имеет использование типоморфных особенностей кристаллов для восстановления экзогенной истории алмазов на пути от коренных источников до мест современного нахождения в россыпях, для палеогеографических реконструкций распространения древних продуктивных толщ и выяснения направлений сноса алмазоносного материала, что будет способствовать поиску коренных источников.

Ключевые слова: типоморфизм алмазов; кимберлитовые трубки; фазы алмазоносного магматизма.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-1-39-50

SPECIFIC FEATURES OF KIMBERLITES OF MIRNY FIELD  
(SIBIRIAN PLATFORM)

*N.N. ZINCHUK, V.I. KOPTIL*

*West-Yakutian Scientific Centre of RS (Y) AS, Mirny  
16, Chernischevski schose, Mirny 678175, Yakutiya, Russia  
e-mail: nnzinchuk@rambler.ru*

Results of comparative complex investigation are provided for diamonds from primary bodies of Mirny kimberlite field, among which three groups are distinguished sharply differing by typomorphic features of crystals, related with three separated in time phases of diamondiferous magmatism (I — vein A-21; II — pipes Tazhnaya and Amakinskaya; III — pipes Mir, International, XXIII-rd CPSU Congress, Dachnaya and Sputnik). For the first earliest group low content of octahedral is typical, with prevalence of individuals of rhombic dodecahedral habit; the second group is noted for approximately equal ratio of octahedral and rhombic dodecahedral habit crystals; sharp prevalence of coarse-laminar crystals of octahedral and transitive from it to rhombic dodecahedral habit is characteristic for the third group of most high-productive diatremes. Utilization of typomorphic features of crystals for reconstruction of exogenous history of diamonds on the way from primary sources to the places of modern location in placers, for paleogeographical reconstructions of ancient productive thick layers' reconstructions and clearing out directions of diamondiferous material drift, which will promote prospecting of their primary sources, has important significance.

Key words: typomorphism of diamonds; kimberlite pipes; phases of diamondiferous magmatism.

В результате более чем 60-летних геолого-разведочных работ на Сибирской платформе (СП) открыты уникальные месторождения алмазов, что позволило в очень краткие сроки создать мощную алмазодобывающую промышленность. Поисковые работы в этот период проводились [1, 2, 8] с применением геофизических, минералогических и других методов исследований. Возрастание сложности решения геолого-разведочных работ в центральной части СП, где сосредоточены основные производственные мощности акционерной компании (АК) АЛРОСА, а также расширение поисков за пределами этих территорий (Иркутская область, Красноярский край, Архангельская алмазоносная провинция и др.) повышают актуальность прогноза алмазоносности на территориях со сложным геологическим строением. При этом необходимо совершенствовать (с помощью внедрения современных методов исследований) и шлихоминералогический метод [9, 10], обратив внимание в первую очередь на индикаторные минералы кимберлитов (ИМК) — алмаз, пироп, пикроильменит, хромшпинелиды и др.). Особую роль при этом играет алмаз, характеризующийся широким комплексом кристалло-морфологических, физико-химических и других особенностей, отражающих своеобразие термодинамических и геохимических условий его образования, которые могут быть рассмотрены в качестве типоморфных. Современные методы исследований алмазов позволяют получить информацию об условиях их образования, последующего существования и изменения, что важно для прогнозирования и поисков коренных источников минерала. В результате алмазопроисловых работ на СП открыто более 1000 кимберлитовых тел (трубки, дайки, жилы и силлы) и установлено широкое развитие россыпной продуктивности в разновозрастных (от рифейского до современного возраста) коллекторах различных генетических типов. Все известные кимберлитовые тела распределяются по площади крайне неравномерно. Они в основном сосредоточены в центральной и северо-восточной частях платформы и группируются в 25 кимберлитовых полях [1–7]. Установлено три основные эпохи кимберлитового магматизма: рифейская, убогалмазоносная (Присяняне), среднепалеозойская, преимущественно высокоалмазоносная (центральная часть платформы), и мезозойская, низкоили неалмазоносная (северо-восток платформы). Проведенный структурно-тектонический анализ подтвердил «правило Клиффорда», согласно которому алмазоносные кимберлиты приурочиваются к линейным зонам тектонической активизации в пределах архейских (3,5–2,6 млрд. лет) кратонов, непереработанных раннепротерозойской тектономагматической активизацией и более поздними подвижными поясами. Так, в пределах центральной части платформы отмечается [8–10] два таких

кратона — Ботуобинский и Тунгский, которые пересекаются Вилуйско-Мархинской (на юге) и Далдыно-Оленекской (на севере) зонами тектонической активизации (минерагенетические зоны) северо-восточного простирания. Именно к ним в пределах кратонов и приурочены все известные на сегодня среднепалеозойские высокоалмазоносные кимберлитовые поля платформы. В то же время по числу кимберлитовые тела мезозойского возраста значительно преобладают над среднепалеозойскими (единичные рифейские жилы кимберлитов обнаружены только в Ингашинском поле Присяняня). Тяготеют они к подвижным поясам или к кратонам, на архейский фундамент которых были наложены пояса тектоно-термальной переработки, вызвавшие вторичные тектонические дислокации, ретроградный метаморфизм, образование линейных зон диафтореза и милонитизации. Здесь произошла существенная эрозия и переработка корневых частей литосферы СП, которая обусловлена проявлением мощного и огромного по масштабам цикла траппового магматизма (1,5 млн. км<sup>2</sup> по охваченной активизацией площади и около 500 тыс. км<sup>2</sup> излившихся магм) на границе пермского и триасового периодов. В этот период расплавы астеносферного происхождения, активно взаимодействуя с корневыми уровнями литосферы, уничтожили наиболее глубинную алмазоносную их часть путём частичного плавления и существенно переработали более верхние литосферные горизонты, увеличив там роль гранатовых пироксенитов [3]. Все это обусловило практически полное отсутствие (за исключением некоторых трубок) алмазов в мезозойских кимберлитах платформы. В то же время в районе Кютюндинского грабена (крайний северо-восток СП) и Байкитской антеклизы (запад платформы) в россыпных проявлениях установлены алмазы, по своим типоморфным особенностям идентичные таковым из высокоалмазоносных трубок среднепалеозойского возраста. По-видимому, здесь сохранились блоки архейского фундамента, незатронутые протерозойскими и фанерозойскими тектоно-термальными коллизиями, в пределах которых находятся ещё необнаруженные высокоалмазоносные кимберлитовые тела.

Кроме известных эксплуатирующихся и подготавливаемых к промышленной разработке коренных месторождений СП, алмазы установлены более чем в 147 кимберлитовых телах [5] (причем для части их и по отдельным рудным столбам), среди которых полупромышленную или близкую к промышленной алмазоносность имеют 12 трубок. В процессе многолетних поисковых, разведочных и эксплуатационных работ извлекаемые алмазы подвергались всестороннему и комплексному изучению. В целом для сравнительной характеристики типоморфных особенностей алмазов платформы использованы [6] результаты минералогических ис-

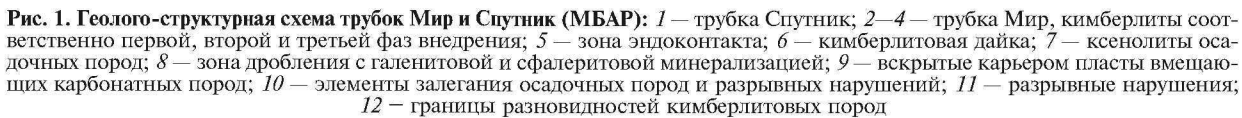
следований многочисленных кристаллов из кимберлитовых тел с привлечением подобных материалов других авторов. При этом использовалась минералогическая классификация Ю.Л. Орлова, по которой выделяется 11 разновидностей алмазов [8], имеющая глубокое физическое обоснование [5], с разделением алмазов отдельных разновидностей по габитусу и морфологическим типам кристаллов [7]. В основу выделения минералогических разновидностей алмазов положены следующие критерии: окраска, структурно-текстурные признаки, содержание примесных оптически-активных центров, изотопный состав углерода, фото- и рентгенолюминесцентные особенности, минералогия и химический состав твёрдых включений и т. д. В качестве дополнительных типоморфных признаков использовались следующие: характер двойников и сростков, скульптуры травления, сохранность зёрен, их трещиноватость и характер сколов. Использование комплекса типоморфных свойств алмазов позволяет рассмотреть с генетических позиций как их эндогенную историю в магматических очагах (кимберлитовых телах), так и последующие этапы развития под воздействием наложенных процессов автометаморфизма кимберлитов в постмагматический этап (пластическая деформация, растворение и коррозия).

*Мирнинское кимберлитовое поле* (МКП) расположено на юге Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) в пределах Малоботуобинского алмазоносного района (МБАР), который находится в пределах Ботуобинского поднятия (северо-восточное окончание Непско-Ботуобинской антеклизы), разделяющего Тунгусскую (ТС) и Вилюйскую (ВС) синеклизы. Оба склона седловины осложнены глубинными разломами Ахтарандинской зоны субмеридионального простираия и Вилюйско-Мархинской (Вилюйско-Жиганской) зоны северо-восточного направления. Наиболее приподнятая осевая часть седловины сложена галогенными и терригенно-карбонатными породами верхнего кембрия (от 120 до 500 м) и нижнего ордовика (до 140 м). Девон-нижекаменноугольные осадочные и вулканогенно-осадочные образования установлены [2] на северо-востоке района в пределах Ыгыаттинской впадины. Они залегают на размытой поверхности пород нижнего палеозоя и представлены в основном аргиллитами, алевролитами, кварц-полевошпатовыми песками, туфами, туффитами и базальтами. Верхнепалеозойские отложения выполняют склон ТС на северо-западе территории. Они с несогласием ложатся на породы нижнего палеозоя, на которых местами сохраняются глинистые образования древней коры выветривания (КВ). Средне—верхнекаменноугольные и пермские континентальные и прибрежно-морские осадочные толщи представлены преимущественно песками, песчаниками с прослоями и линзами конгломератов, га-

лечников и глинисто-углистых сланцев. В основании часто залегают базальные конгломераты, пески с примесью гальки, содержащие алмазы или ИМК — пироп и пикроильменит. В северо-западной части района на отдельных участках распространены [9] туфогенные образования нижнего триаса, туфопесчаники и туффиты. Мезозойские отложения состоят из континентальных и прибрежно-морских отложений нижней юры, слагающих борт ВС и Ангаро-Вилюйского наложенного прогиба (АВНП). Они залегают на размытой поверхности ниже- и верхнепалеозойских пород и обычно подстилаются глинистыми образованиями КВ поздне триасового-раннеюрского возраста.

На территории МБАР широко распространены разломы субмеридионального, субширотного и северо-западного простираия. В пределах района уверенно установлено [2] широкое распространения разломов субмеридионального, субширотного и северо-западного простираия. В пределах района определено положение четырех глубинных разломов: Западного, Параллельного, Центрального и Восточного. Магматические породы района — силлы и дайки долеритов, вулканические трубки диабазовых туфов, туфобрекчий, трубчатые тела и жилы кимберлитовых пород. Известные в районе кимберлитовые трубки и дайки приурочены к трём разломам. В зоне Западного разлома локализованы трубки Таёжная, Амакинская, имени XXIII съезда КПСС, дайка А-21, а также серии даек, сочленяющихся с этими диатремами. Трубка Интернациональная с системой даек расположена в 3 км от осевой линии Западного разлома и связана [10] с самостоятельным Кюэляхским разломом. В зоне Параллельного разлома размещаются трубки Мир, Спутник и Дачная, а также дайки, сопровождающие эти трубки. Все субмеридиональные разломы Вилюйско-Мархинской тектонической зоны принадлежат к разломам закрытого или полузакрытого типа. Кимберлитовые трубки Мир, Спутник и Амакинская отпрепарированы эрозией и выходят непосредственно на дневную поверхность. В отличие от них кимберлитовые диатремы имени XXIII съезда КПСС, Интернациональная и Дачная полностью, а трубка Таёжная частично перекрыты осадочными отложениями нижней юры мощностью от нескольких до 20 м. Кимберлиты района довольно разнообразны. Они различаются между собой формой тел, внутренним строением, минералого-петрохимическим составом, содержанием и составом ИМК, морфологией алмаза и уровнем алмазоносности. Наиболее существенные различия установлены между кимберлитами, принадлежащими к разным морфогенетическим типам тел: трубчатому и дайковому. По ряду признаков среди кимберлитовых пород района выделены [9, 10] пять групп. В МБАР пространственно совмещены брекчии двух генетических типов магм: ультраос-







новной (с щелочным уклоном) и основной, что соответствует кимберлитовым и трапповым брекчиям. Оба типа магм являются типично платформенными образованиями, хотя совместное присутствие продуктов их эксплозивной деятельности отмечается сравнительно редко. Пространственное совмещение в МБАР кимберлитовых и трапповых брекчий позволяет устанавливать их структурное положение, что очень важно для выбора перспективных участков для поисков кимберлитовых тел. Выяснение морфологии и внутренней структуры тел, сложенных брекчиями трапповых и кимберлитовых пород, изучение их состава и взаимоотношения с породами вмещающей рамы в зоне экзоконтакта имеет большое значение для расшифровки сложного вопроса происхождения и механизма образования брекчий и генезиса полезных ископаемых, связанных с ними. Большинство трапповых трубчатых тел располагается по тектоническим нарушениям северо-западного простирания. Их длинные оси вытянуты в северо-западном направлении. В том же направлении на продолжении длинных осей трубок установлены зоны дробления во вмещающих терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя. Такая структурная позиция трубок взрыва свидетельствует о том, что глубинные разломы служили подводными каналами для кимберлитовой и основной магм, а тектонические нарушения северо-западного простирания являлись рудовмещающими. Вертикальные смещения по характеризующим глубинным разломам незначительны. Диаметр трубок взрыва трапповых пород варьирует в широких пределах — от нескольких десятков метров до 1 км и более. Большинство изученных нами трубок сложено агломератовыми туфами и туфобрекчиями траппового состава, содержащими от 40 до 80% обломков траппов и осадочных пород, сцементированных кальцитовым и хлорит-кальцитовым материалом. Возраст трубок взрыва трапповых пород МБАР СП установлен триасовый и девонский. Важное значение имеет выяснение последовательности формирования трубок взрыва, сложенных кимберлитовыми и трапповыми породами. По наличию и химизму во всех известных кимберлитовых трубках района ксенолитов трапповых пород, выполняющих трубчатые тела, можно утверждать, что трапповая фаза вулканизма в среднепалеозойское время предшествовала кимберлитовой.

Для кимберлитовых тел МБАР отмечены [5–7] существенные различия в особенностях распределения слагающих их пород, в том числе и алмазов. Для кимберлитов первой группы (*жила Ан-21*) характерно преобладание додекаэдровидов с шагренью и полосами пластической деформации «жильного» типа и низким содержанием октаэдров 1-й разновидности, высокой ролью дымчато-коричневых кристаллов, сине-голубой и зелёной фотолуми-

несценцией. Алмазы из кимберлитовых тел этой группы среднеазотные при заметном содержании низкоазотных и безазотных кристаллов. Вторая группа кимберлитовых трубок (*Таёжная и Амакинская*) характеризуется высоким содержанием ламинарных кристаллов ромбододекаэдрического габитуса, преобладающих над октаэдрами 1-й разновидности, появлением типичных округлых алмазов (первые проценты), более высоким содержанием дымчато-коричневых камней, преобладающей сине-голубой фотолуминесценцией. Кристаллы из кимберлитов этой группы среднеазотные, отличаются по типам внутреннего строения от алмазов из диатрем 1-й группы. Один из рудных столбов трубки Амакинская по свойствам алмазов близок к жиле Ан-21.

Наиболее детально комплексно нами исследованы алмазы из кимберлитовых тел третьей группы, отдельные диатремы из которой уже отработаны на возможные для открытой добычи глубины (трубки имени XXIII съезда КПСС и Дачная), другие (Мир и Интернациональная) разрабатываются подземным способом. *Кимберлитовая трубка Мир* вместе с трубками Спутник, Дачная и системой даек приурочена к Параллельному глубинному разлому, который четко фиксируется [2, 10] магнитной и гравиметрической съёмками на участках, где по разлому внедрялись диабазы или произошли существенные смещения пород. Трубка на поверхности имеет форму овала со слабым пережимом примерно в средней части (рис. 1). Размер её по длинной оси, ориентированной в северо-западном направлении, 490 м, по короткой — 320 м. До глубины 200 м диатрема представляет собой типичную воронку, глубже (до 900 м) — цилиндрическое тело с незначительным сужением к низу, а затем, в 900–1000 м от поверхности она переходит в серию подводных даек. Трубка прорывает терригенно-карбонатные и галогенно-карбонатные породы ордовика и кембрия, два силла (на глубине 500 и 1100–1200 м мощностью соответственно 12–34 и 70 м) и дайку диабазов позднедевонского возраста. Терригенно-карбонатные породы представлены известняками, доломитами, мергелями, алевролитами и их переходными разностями. Пласты и линзы каменной соли мощностью до нескольких десятков метров занимают значительный объём в разрезе прорванных пород, начиная с глубины 500 м. Встречаются также прослои и линзы гипса, ангидрита и сепиолита. Процесс становления трубки Мир сопровождался формированием диапировой структуры [10]. Верхние горизонты трубки Мир образовались в результате трехфазного внедрения кимберлитового расплава (рис. 1). Кимберлитовые брекчии (КБ) первой фазы слагают большую часть северо-западной половины трубки. КБ второй фазы на уровне современного эрозионного среза локализованы в юго-восточной части диатремы и инжектируют брекчии северо-западной половины труб-

ки. Кимберлитовые породы третьей фазы формируют на юго-востоке диатремы вытянутое в северо-западном направлении дайковидное тело размером  $(30-40) \times 120$  м. Контакты этого тела с вмещающими КБ секущие, при этом в зоне контакта широко развита сульфидная минерализация. Кроме отмеченных трёх фаз КБ, образование которых происходило в результате последовательного внедрения самостоятельных порций кимберлитового расплава из эволюционирующего магматического очага, вдоль контакта с вмещающими породами почти повсеместно отмечаются своеобразные КБ, названные нами эндоконтактовыми. Мощность их не постоянна и колеблется от 5 до 50 м. Эндоконтактовые брекчии не связаны с самостоятельной фазой формирования тела, а представляют собой своеобразные фациальные разновидности вышеописанных КБ, возникновение которых обусловлено повышенным содержанием ксеногенного материала вмещающих пород и влиянием на кимберлиты постмагматических растворов. Эта зона кимберлитовых пород наиболее интенсивно карбонатизирована и насыщена ксенолитами терригенно-карбонатных пород (35–60%). Интересна зона кимберлитовых пород, разделяющая породы первой и второй фаз внедрения. Она имеет ширину до нескольких десятков метров и характеризуется высокими концентрациями рифов вмещающих пород, размеры которых достигают первых десятков метров. Эта зона совпадает с пережимом трубки (рис. 1), рассекая её почти в меридиональном направлении на две части. Продолжение отмеченного ксенолитового пояса вскрыто [10] буровыми разведочными скважинами и на глубоких горизонтах (800–1000 м). Ксенолитовый пояс распространяется от поверхности до глубины около 1 км и является щовой зоной, по которой сочленяются два самостоятельных тела, имеющих на глубине изолированные подводящие каналы. В трубке Мир относительно широко распространены ксенолиты пород верхней мантии [8–10]. Они представлены породами, образовавшимися в широком интервале *P-T*-условий: от области стабильной кристаллизации алмаза (глубина 150–200 км — алмазосодержащие ультрабазиты и эклогиты) до верхних горизонтов мантии (глубина 50–60 км — шпинелевые и бесшпинелевые ультрабазиты, пироксениты и др.). Степень переработки ксенолитов на глубине диатремы значительно выше, чем в верхних горизонтах, что связано с воздействием на кимберлиты и содержащиеся в них ксенолиты высокоминерализованных вод, локализованных в пределах мощных залежей соленосных толщ во вмещающих кимберлиты кембрийских отложениях.

Содержание алмазов в кимберлитах трубки Мир значительно выше, чем в наиболее высокоалмазных месторождениях зарубежных стран (за исключением лампроитовой трубки Аргайл в Авст-

ралии). Типоморфными особенностями алмазов трубки Мир являются (рис. 2): резкое преобладание кристаллов октаэдрического габитуса 1-й разновидности, при высоком содержании плоскогранных остросереберных октаэдров и максимальное в МБАР число груболаминарных индивидов с полицентрически растущими гранями, низкое содержание двойников и сростков, преимущественно двойников по шпинелевому закону при низком содержании кристаллов с признаками природного травления. Также для них характерны повышенная степень прозрачности и пониженное содержание окрашенных кристаллов, а также камней с твёрдыми включениями. Следует отметить преобладающую розово-сиреневую фотолюминесценцию и высокое содержание примесного азота в А-форме, составляющего не менее 75% от общей концентрации примесного азота в алмазах. Из числа редких минералогических разновидностей алмазов следует отметить присутствие в незначительных количествах желтых и серых комбинационных многогранников с оболочкой IV разновидности [5] и поликристаллических сростков VIII разновидностей, антискелетов с желобами на месте {110} и камней с грязно-фиолетовой окраской. Сочетание кристаллов с такими типоморфными особенностями образует минералогическую ассоциацию алмазов «мирнинского» типа. Включения других минералов в алмазах трубки Мир относятся к двум парагенезисам: ультраосновному (99,4%) и эклогитовому (0,6%). Наиболее распространенными включениями являются оливин (до 50%), хромит (до 40%) и гранаты (до 3%). Статистическая обработка результатов опробования, проводившегося при детальной и эксплуатационной разведке, показала [10], что повышенная алмазоносность кимберлитов характерна для северо-западной и юго-восточной частям трубки, которые разделены в центре зоной пониженных содержаний полезного компонента. Распределение алмазов неравномерное, особенно в юго-восточной части диатремы. Изучение алмазоносности кимберлитов трубки на глубину свидетельствует, что закономерных изменений продуктивности до глубины 1000 м не фиксируется.

*Кимберлитовая трубка Спутник* расположена в логе Хабардина в 131 м на северо-восток от трубки Мир (рис. 1). Вмещающими породами на уровне современного среза служат отложения нижнего ордовика мощностью 270–280 м, а ниже трубку окружают породы кембрийского возраста. Трубка сравнительно небольшая ( $140 \times 90$  м), овальной формы. В вертикальном разрезе трубка быстро выклинивается, переходя на глубине 330 м в подводящую дайку мощностью 15 м, а на глубине 375 м — в систему даек мощностью 2–3 м. Эти дайки под трапповым силлом объединяются в более мощную дайку — подводящий канал северо-западной ориентировки. Содержание ксенолитов вмещающих пород





Рис. 2. Алмазы из кимберлитов трубки Мир (МБАР)

в кимберлитах трубки повышено. Особенно много обломков пород, зёрен кварца и полевого шпата. Довольно часто встречаются измененные ксенолиты траптов. По степени постмагматической и гипергенной измененности среди кимберлитовых пород диатремы выделяется несколько разновидностей. Наиболее изменены кимберлитовые породы верхних горизонтов (до глубины 25 м) и на контакте с вмещающими породами, где они превращены в желтовато-бурую глинисто-карбонатную массу. Глубже залегают КБ серого и темно-серого цвета. Химический состав кимберлитовых пород трубки Спутник характеризуется несколько повышенным (по сравнению с породами трубки Мир и другими диатремами района) содержанием  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , что связано с контаминацией кимберлитами вмещающих пород кварца, полевых шпатов и глинистого вещества. Содержание алмазов в трубке Спутник значительно ниже, чем в трубке Мир. Среди них преобладают [7] октаэдрические кристаллы (до 61%), значительную часть составляют октаэдры (16%) и комбинационные образования (до 23%). Содержание груболаминарных кристаллов иногда достигает 60%. Для большей части алмазов характерна дитригональная форма слоев, слагающих грани кристаллов, тригональными слоями образовано 12% граней. Кристаллы искаженных форм преобладают (до 63%) над правильно ограненными индивидуумами. Двойники и сростки

составляют 12%. Наиболее распространенными среди них являются двойники по шпинелевому закону (53%) и неправильные сростки (35%). Реже встречаются вроски одних кристаллов в другие (до 8%) и параллельные сростки (4%). В отличие от алмазов трубки Мир, здесь почти полностью отсутствуют поликристаллические сростки. Трещины отмечены у 20% алмазов. Включения других минералов установлены у 45% камней, что примерно в три раза больше, чем в трубке Мир. Чаще всего наблюдаются включения черного цвета (графит и сульфиды — до 95%), оливина (3%) и граната (2%). Основная масса алмазов описываемой диатремы обладает высокой степенью прозрачности. Около 80% представлены прозрачными кристаллами. Количество дымчатых кристаллов не превышает 10%. Значения  $\delta^{13}\text{C}$  алмазов из трубки Спутник заключены в довольно узком интервале: от  $-2,78$  до  $-8,3$  ‰, при среднем  $-4,81$  ‰ (в трубке Мир  $-6,8$  ‰). Столь существенные различия состава и набора минералов-включений в алмазах, изотопного состава углерода последних из двух расположенных рядом трубок свидетельствуют о сильной локальной дифференцированности пород верхней мантии, а также о различной глубине заложения очагов кимберлитового вулканизма даже для трубок, удаленных друг от друга всего на первые сотни метров.

Кимберлитовая трубка Интернациональная расположена в 16 км к юго-западу от трубки Мир на



правобережье р. Ирелях, в верхнем течении её правых притоков Маччоба-Салаа и Улаах-Юрях. На поверхности трубка имеет форму неправильного овала, вытянутого на северо-запад. Трубка развита до глубины 955 м. В среднепалеозойское и мезозойское время около 400—450 м верхней части диаатремы было уничтожено в результате длительной эрозии [5, 10]. От раструба сохранилась нижняя 120-метровая часть. Далее на глубину остатки раструба переходят в цилиндрический канал с почти вертикальными контактами. До глубины 1000 м размеры трубки существенно не уменьшаются. Трубка прерывает горизонтально залегающие терригенно-карбонатные породы нижнего ордовика и кембрия и перекрывается нижнеюрскими отложениями мощностью от 2,1 до 9,2 м. В раннетриасовое время трубка была перекрыта пластовым телом долеритов. Под перекрывающими трубку терригенными отложениями нижней юры отмечена КВ кимберлитов мощностью 12—50 см. На глубине 14,5 м залегают слоистые породы с чередованием мелко- и крупнопорфирового кимберлита. Прослои (мощностью от 1 до 5 см) сложены различными по размеру зёрнами измененного оливина, пирропа и пикроильменита. В мелкопорфировых кимберлитах количество псевдоморфоз серпентина и кальцита по оливину не превышает 10—20%, тогда как в крупнопорфировых оно достигает 50—60% объёма породы. В верхних горизонтах диаатремы

обособляется два типа пород — кимберлитовые брекчии, которые резко преобладают (около 99%) и массивные кимберлиты. В этих породах псевдоморфозы серпентина и кальцита по оливину, относительно редкие зёрна пирропа, хромшпинелида, пикроильменита и хромдиопсида сцементированы карбонат-серпентиновым агрегатом. Из ксенолитов распространены обломки терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя (5—15, редко до 30%). В небольшом количестве присутствуют включения траптов, а также единичные обломки кристаллических сланцев фундамента СП. Особенностью кимберлитов описываемой трубки (до глубины 370 м) является относительно высокое содержание примеси терригенного материала вмещающих пород. Последний представлен песчанистой, алевролитистой и глинистой фракциями и состоит из кварца, полевых шпатов, турмалина, сфена, ставролита и монтмориллонита, которые практически полностью исчезают с глубины 500 м. С глубиной строение кимберлитовой диаатремы усложняется. Здесь выделены кимберлиты трех фаз внедрения, мало различающиеся между собой по строению, составу и алмазоносности. Кимберлиты трубки Интернациональная уникальны по содержанию алмаза [10]. Характерными свойствами алмазов трубки Интернациональная являются (рис. 3): резкое преобладание кристаллов октаэдрического габитуса 1-й разновидности, при высоком содержании плоско-



Рис. 3. Алмазы из кимберлитов трубки Интернациональная (МБАР)



гранных остросереберных октаэдров, невысокая ламинарность, низкое содержание двойников и сростков, представленных преимущественно двойниками по шпинелевому закону и низкое содержание камней с признаками природного травления. Также для них отмечена повышенная степень прозрачности, невысокое содержание окрашенных индивидов и кристаллов с твёрдыми включениями. Следует отметить преобладающую розово-сиреневую фотолуминесценцию и высокое содержание примесного азота в А-форме, составляющего 78% от общей концентрации примесного азота. Из числа минералогических разновидностей очень редкими являются окрашенные жёлтые и серые комбинационные многогранники с оболочкой IV разновидности и поликристаллические агрегаты VIII разновидности. Постоянно присутствуют грязно-фиолетовые октаэдры. От трубки Мир алмазы диаметры Интернациональная отличаются незначительно, за исключением несколько пониженного количества груболаминарных октаэдров с полицентрически растущими гранями.

*Кимберлитовая трубка имени XXIII съезда КПСС*, расположенная в 14 км к юго-западу от трубки Мир, приурочена к Западному региональному разлому. Она полностью перекрыта 12–20-метровой толщей нижнеюрских кластических отложений, в которой выделены [7, 10] две пачки: нижняя отнесена к укугутской свите, верхняя — к домерскому ярусу. Размер трубки на поверхности 120×80 м, форма овальная, длинная ось ориентирована на северо-запад. В верхней части разреза трубка имеет крутопадающие контакты, которые уже на глубине 100 м заметно выполаживаются (рис. 4). На глубине 150 м диаметр принимает дайкообразную форму. Трубка прорывает горизонтально залегающие терригенно-карбонатные отложения нижнего ордовика и кембрия. В верхней части трубки сохранилась КВ кимберлитов мощностью 8–12 м, глинистая составляющая которой представлена монтмориллонитом, монтмориллонит-гидрослюдистыми смешанослойными образованиями с примесью каолинита, гидрослюды, хлорита и серпентина. Из первичных минералов КВ кимберлитов трубки встречены пироп, пикроильменит и хромит. Монолитная порода из более глубоких горизонтов диаметры представлена кимберлитовой брекчией с микролитовой основной массой. Количество обломочного материала варьирует в пределах 5–40%, псевдоморфозы карбоната и серпентина по оливино составляют 20–30% объема породы. Среди ксенолитов коровых пород наблюдаются известняки, доломиты и мергели, реже — измененные кристаллические сланцы и траппы. Из ксенолитов редко встречающихся ультраосновных пород встречены деплетированные ультрабазиты. Типоморфными особенностями алмазов трубки имени XXIII съезда КПСС являются следующие: резкое преобладание

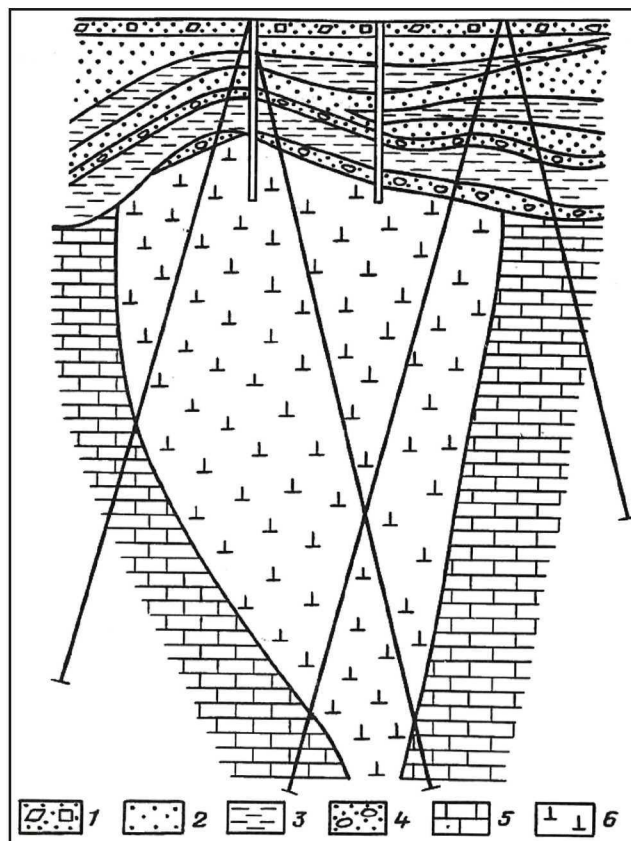


Рис. 4. Разрез кимберлитовой трубки имени XXIII съезда КПСС (МБАР): 1 — делювиальный слой; 2–4 — отложения нижней юры: 2 — песчаники, 3 — алевролиты, 4 — конгломераты; 5 — карбонатные породы усть-кутского яруса нижнего ордовика; 6 — кимберлиты

кристаллов октаэдрического габитуса 1-й разновидности, при высоком содержании плоскогранных остросереберных октаэдров и пониженной степени ламинарности по сравнению с трубками Мир и Интернациональная. Невысоким является содержание двойников и сростков, при резком преобладании шпинелевых двойников треугольной формы, и низкое содержание кристаллов с признаками природного травления. Для алмазов характерны высокая степень прозрачности, при максимальном среди известных месторождений голубовато-зелёных камней цвета морской волны радиационного происхождения и низкое содержание кристаллов с твёрдыми включениями. Алмазы характеризуются преобладающей розово-сиреневой фотолуминесценцией и высоким содержанием примесного азота в А-форме, составляющего 79% от общей концентрации примеси азота в них [7].

*Трубка Дачная*, приуроченная к Параллельному разлому, располагается в 10 км южнее трубки Мир. Она перекрыта юрскими отложениями мощностью от 15 до 21 м (рис. 5). Размеры трубки 120×100 м, форма в виде овала, длинная ось которого ориентирована в северо-западном направлении. Самая верхняя часть трубки сложена сильно измененной породой КВ, практически лишенной первичной



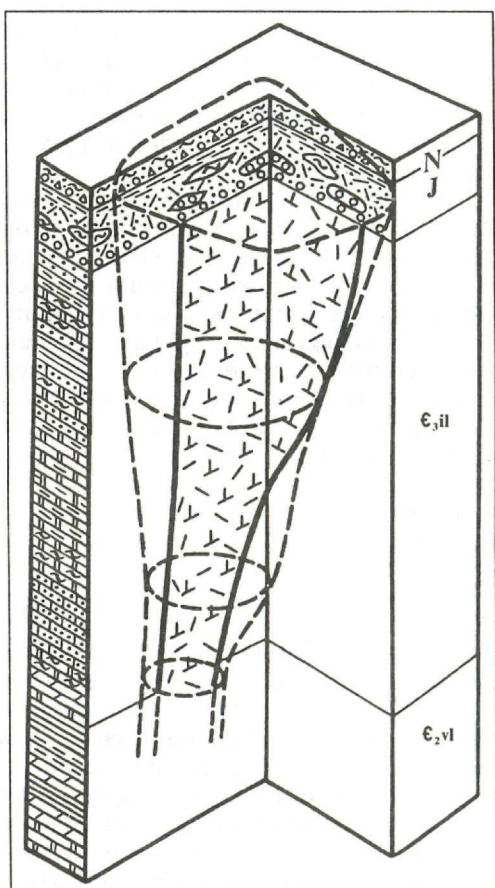


Рис. 5. Блок-диаграмма кимберлитовой трубки Дачная

структуры кимберлита. С глубины 65 м в диаметре развиты в различной степени изменённые породы с сохранившимися структурами, нередко затухшими бурими железистыми новообразованиями. Обломки вмещающих терригенно-карбонатных пород, зёрна кварца, полевых шпатов и других минералов, редко встречающихся выделениями траппов и кристаллических сланцев фундамента платформ сцементированы кимберлитовым материалом, состоящем из псевдоморфоз по оливину, выполненных монтмориillonитом, серпентином, карбонатов, редких зёрен пироба, пикроильменита, хромшпинелида, заключённых в агрегате серпентин-монтмориillonит-карбонатного состава. Трубка характеризуется повышенным содержанием ИМК (пироба, пикроильменита и хромшпинелида). Особенности алмазов трубки Дачная являются (рис. 6) преобладание кристаллов октаэдрического габитуса 1-й разновидности, при высоком содержании плоскогранных остроорёберных октаэдров, причём степень ламинарности является минимальной среди алмазов богатых кимберлитовых тел МБАР. Также для них характерно невысокое содержание двойников и сростков, представленных преимущественно шпинелевыми двойниками треугольной формы и низкое содержание кристаллов с признаками природного травления. Другими особенностями алмазов являются высокая степень прозрачности и низкое содержание окрашенных кристаллов, а также невысокое содержание камней с твёрдыми включениями. Для ал-

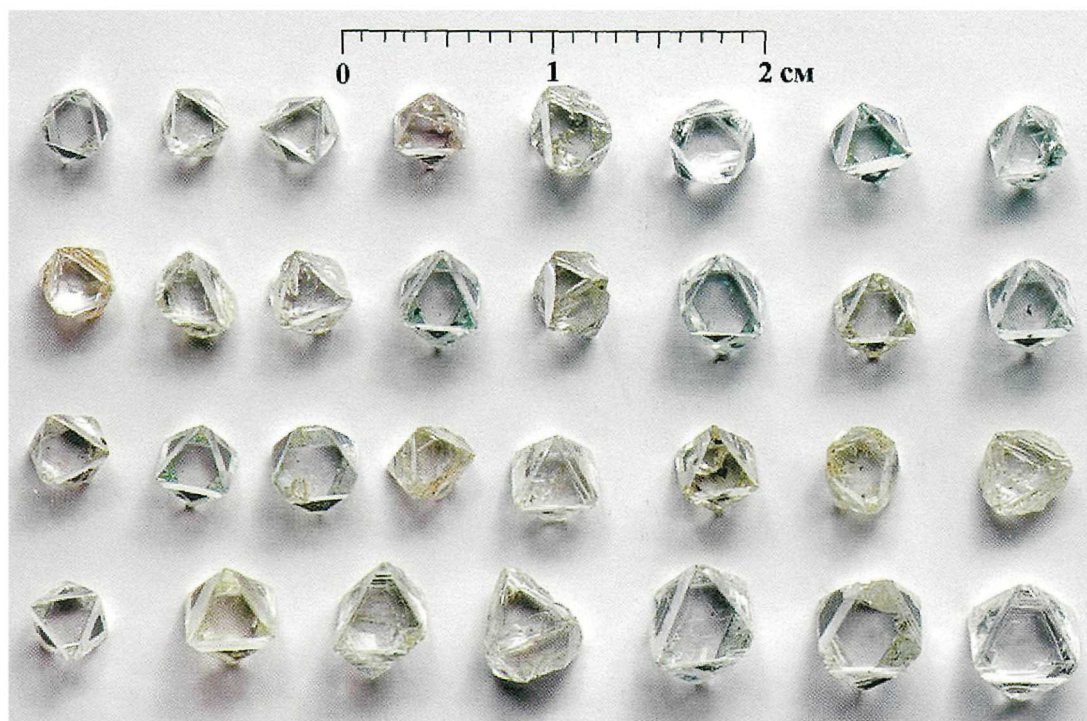


Рис. 6. Алмазы из кимберлитов трубки Дачная, лучшие по качеству (МБАР)

мазов, в отличие от сырья других богатых кимберлитовых тел МБАР, типична преобладающая синеголубая фотолюминесценция при высоком содержании примесного азота в А-форме [7].

Таким образом, в Мирнинском поле выделяются три группы кимберлитовых тел, резко различающихся по типоморфным особенностям алмазов, связанные с тремя разделенными во времени фазами кимберлитового магматизма (I — жила Ан-21, II — трубки Тажная и Амакинская и III — трубки Мир, Интернациональная, имени XXIII съезда КПСС, Дачная и Спутник). Для первой (наиболее ранней) группы характерно низкое содержание октаэдров с преобладанием индивидов ромбододекаэдрического габитуса, представленных в основном окрашенными в дымчато-коричневые цвета додекаэдроиды с шагренью и полосами пластической деформации «жильного» типа, и преобладание алмазов с сине-голубым и зелёным свечением. Во второй группе отмечается примерно равное соотношение кристаллов октаэдрического и ромбододекаэдрического габитусов при сравнительно низком (первые проценты) содержании типичных округлых алмазов и превалированием индивидов с сине-голубой фотолюминесценцией. В трубке Амакинская алмазы из даечной фации отличаются из трубчатых тел, причём первые по своим типоморфным особенностям близки к жиле Ан-21. Третья, наиболее высокопродуктивная группа кимберлитовых тел, характеризуется резким преобладанием груболаминарных кристаллов октаэдрического и переходного от него к ромбододекаэдрическому габитусов, при низком (менее 10%) содержании индивидов ромбододекаэдрического габитуса, среди которых практически отсутствуют типичные округлые алмазы. Отмечается небольшое число двойников и сростков, преобладание кристаллов с розово-сиреневой фотолюминесценцией и без признаков видимого свечения, при низком содержании индивидов с сине-голубым свечением. Имеющиеся данные свидетельствуют об отсутствии резких отличий алмазов в пределах отдельных рудных столбов из группы высокопродуктивных кимберлитовых тел. Типоморфными особенностями является также низкое содержание поликристаллических агрегатов и индивидов с признаками природного растворения и травления, превалирование среди включений в алмазах минералов-узников ультраосновной ассоциации.

Из сказанного следует, что типоморфными особенностями четырех промышленно-алмазоносных кимберлитовых тел МБАР являются следующие: резкое преобладание алмазов 1-й разновидности, среди которых (71—82%) превалируют кристаллы октаэдрического габитуса, значительную часть из них (16,3—23,2%) составляют плоскогранные остро-рёберные октаэдры. Типичные округлые алмазы уральского (бразильского) типа практически отсут-

ствуют. Отдельные кимберлитовые тела заметно отличаются по степени ламинарности (соотношение индивидов с полицентрически растущими гранями к кристаллам со сноповидной и занозистой штриховками). Содержание алмазов с оболочкой IV разновидности и поликристаллических сростков VIII разновидности низкое. Из других типоморфных особенностей алмазов следует отметить низкое (8,2—20%) содержание двойников и сростков, представленных в основном двойниками по шпинелевому закону преимущественно треугольной формы, и низкое содержание кристаллов с признаками природного травления, представленных в основном шрамами. Алмазам свойственна повышенная степень прозрачности и пониженное (21,8—31%) число окрашенных камней лилово-коричневого цвета слабой интенсивности. В КВ трубки имени XXIII съезда КПСС преобладали кристаллы цвета морской волны радиационного происхождения. Для алмазов типично низкое (16,2—26,4%) содержание твёрдых включений, преимущественно эпигенетических графит-сульфидных при высоком (4,0—7,5%) содержании сингенетических включений в основном ультраосновной ассоциации (99,4%). Гамма фотолюминесцентных особенностей заметно различается при преобладании в большинстве кимберлитовых тел кристаллов с розово-сиреневой фотолюминесценцией. Для алмазов характерно высокое ( $> 600$  ат. ppm) содержание примесного азота в А-форме, который является основной примесью азота (75—78% от общего содержания А и В1-дефектов). Содержание водородных центров (Н) низкое ( $< 1,0$  см<sup>-1</sup>). Также низким является содержание «пластиночных» (Р или В<sub>2</sub>) дефектов (3,4—3,5 см<sup>-1</sup>). По этим примесным структурно-активным дефектам алмазы из богатых кимберлитовых тел МБАР резко отличаются от месторождений Далдыно-Алакитского района (содержание А-центра в 2—3 раза выше, водородных центров (Н) — в 2—2,5 раза ниже и «пластиночных» дефектов (Р или В<sub>2</sub>) — в 2—3 раза ниже). Это указывает на различие термодинамических и геохимических условий образования алмазов двух основных алмазоносных районов СП.

Сравнительное комплексное изучение разновозрастных россыпей МБАР показало их полигенность и существование смешанных ореолов. Значимых отличий алмазов из верхнепалеозойских и мезозойских отложений в пределах одного и того же участка нами не установлено (россыпи Солур и Восточная). В россыпях МБАР в целом зафиксировано преобладание алмазов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов 1-й разновидности (третья группа трубок), однако в ряде изученных россыпей содержание кристаллов с сине-голубой фотолюминесценцией достигает иногда 40%, что не типично для диатрем Мир и Интернациональная, но



присуще второй группе трубок. Несмотря на близкий между собой спектр алмазов из россыпей МБАР, зафиксированы и некоторые отличительные черты от алмазов вблизи находящихся кимберлитовых диатрем. В частности, суммарное содержание кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов в большинстве россыпей примерно на 10% ниже, чем в кимберлитовых диатремах третьей группы (Мир, Интернациональная, Дачная, имени XXIII съезда КПСС и Спутник) и одновременно несколько выше роль ламинарных ромбододекаэдров. В россыпях

района несколько больше плоскогранных октаэдров, чем в трубке Интернациональная и меньше, чем в трубке Мир. В ряде россыпей МБАР установлено присутствие алмазов разновидности «удачнинского» типа, представленных равномерно окрашенными в жёлтый цвет октаэдрами с занозистой штриховкой и блоковой скульптурой, для которых установлен лёгкий ( $\delta^{13}\text{C} -14,7\text{‰}$ ) изотопный состав углерода. Всё это позволяет предполагать наличие в районе ещё неоткрытых коренных источников алмаза с несколькими иными характеристиками кристаллов, чем в охарактеризованных выше диатремах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бартошинский З.В. Сравнительная характеристика алмазов из различных алмазоносных районов Западной Якутии // Геология и геофизика. 1961. № 6. С. 40–50.
2. Бартошинский З.В. Минералогическая классификация природных алмазов // Минералогический журнал. 1983. Т. 5. № 5. С. 84–93.
3. Галимов Э.М. Вариации изотопного состава алмазов и связь их с условиями алмазообразования // Геохимия. 1984. № 8. С. 1091–1117.
4. Гневушев М.А., Бартошинский З.В. К морфологии якутских алмазов // Тр. ЯФ СО АН СССР. Сер. геол. 1959. Вып. 4. С. 74–92.
5. Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: Недра, 2003. 603 с.
6. Зинчук Н.Н., Коптиль В.И., Борис Е.И. Основные аспекты разномасштабного районирования территорий по
- типоморфным особенностям алмазов (на примере Сибирской платформы) // Геология рудных месторождений. 1999. Т. 41. Вып. 16. № 6. С. 516–526.
7. Зинчук Н.Н., Коптиль В.И., Борис Е.И., Липашова А.Н. Типоморфизм алмазов из россыпей Сибирской платформы как основа поисков алмазных месторождений // Руды и металлы. 1999. № 3. С. 18–30.
8. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза, 2-е изд. М.: Наука, 1984. 264 с.
9. Рожков И.С., Михалев Г.П., Зарецкий Л.М. Алмазоносные россыпи Мало-Ботуобинского района Западной Якутии. М.: АН СССР, 1963. 137 с.
10. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Геолого-генетические основы шлихо-минералогического метода поисков алмазных месторождений. М.: Недра, 1995. 348 с.

## REFERENCES

1. Bartoshinsky Z.V. Comparative characteristics of diamonds from various diamondiferous regions of Western Yakutia. *Geology and geophysics*, 1961, no 6, pp. 40–50. (In Russian).
2. Bartoshinsky Z.V. Mineralogical classification of natural diamonds. *Mineral. Journal*, 1983, V. 5, no 5, pp. 84–93. (In Russian).
3. Galimov E.M. Variations of isotopic composition of diamonds and their relationship with conditions of diamond formation. *Geochemistry*, 1984, no 8, pp. 1091–1117. (In Russian).
4. Gnevushev M.A., Bartoshinsky Z.V. To morphology of Yakutian diamonds. *Proceedings of SB YS of the USSR AS. Geol. series* 1959, Is. 4, pp. 74–92. (In Russian).
5. Zinchuk N.N., Koptil V.I. *Typomorphism of the Siberian platform diamonds*. M., Nedra Publ, 2003, 603 p. (In Russian).
6. Zinchuk N.N., Koptil V.I., Boris E.I. Basic aspects of different in scale zoning of territories according to typomorphic features of diamonds (on the example of the Siberian platform). *Geol. of ore deposits*, 1999, V. 41, Is. 16, no 6, pp. 516–526. (In Russian).
7. Zinchuk N.N., Koptil V.I., Boris E.I., Lipashova A.N. Typomorphism of diamonds from placers of the Siberian platform as the basis for prospecting of diamond deposits. *Ores and metals*, 1999, no 3, pp. 18–30. (In Russian).
8. Rozhkov I.S., Mikhalev G.P., Zaretsky L.M. *Diamondiferous placers of Malo-Botuobinsky region of Western Yakutia*. M., USSR AS Publ., 1963, 137 p. (In Russian).
9. Orlov Y.L. *Mineralogy of diamond*. M., Science Publ, 1984, 264 p. (In Russian).
10. Kharkiv A.D., Zinchuk N.N., Kryuchkov A.I. *Geologic-genetic fundamentals of heavy concentrate-mineralogical method of diamond deposits prospecting*. M., Nedra Publ, 1995, 348 p. (In Russian).