

О МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЯХ ПРОДУКТИВНОСТИ КИМБЕРЛИТОВ

Большинство изученных кимберлитовых диатрем представляют собой многофазные трубки. Каждая магматическая фаза внедрения, сформированная внутри диатрем, сложена кимберлитом с характерным петрографическим и петрохимическим типом, обладающим рядом устойчивых, слабо изменяющихся с глубиной типоморфных признаков. Кимберлиты разных фаз внедрения в одной и той же диатреме различаются между собой как соотношением порфировых и кластических структурных элементов, так и содержанием индикаторных минералов. Проведенными исследованиями отмечены существенные различия в алмазоносности разных фаз внедрения кимберлитов, что обусловлено разным уровнем заложения и длительности функционирования образующих их магматических очагов, физико-химическими свойствами исходных составляющих, а также скоростью подъёма и характером продвижения кимберлитовой магмы в процессе разных этапов кимберлитообразования. Кимберлитовые брекчии завершающих этапов формирования трубок являются более продуктивными, по сравнению с порфировыми кимберлитами ранних интрузивных фаз внедрения. Особенности происхождения и извержений кимберлитовых расплавов могли существенным образом влиять на преобразование первоначальной формы кристаллов алмазов, что вызвано их растворением (иногда до полного уничтожения) и коррозией. При оценке продуктивности кимберлитовых трубок необходимо учитывать реальные соотношения в диатремах интрузивных и взрывных процессов кимберлитообразования, которые меняются обычно во времени.

Ключевые слова: Кимберлитовые трубки, кимберлитообразование, алмазы и алмазоносность, интрузивные и взрывные процессы, типоморфизм минералов.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2026.55

Неравномерное распределение алмазов в кимберлитовых диатремах (Афанасьев и др., 1987, 2000а,б; Бардухинов, Зинчук, 2022; Василенко и др., 2019; Зинчук 1981, 1982, 1991, 1998, 2015а,б) существенно осложняет плановую отработку коренных месторождений. Выявление особенностей вертикальной изменчивости алмазоносности кимберлитовых пород до глубины их рентабельной отработки является одной из главных задач и проблем разработки таких месторождений. Несмотря на в целом значительную изученность кимберлитовых диатрем Сибирской

платформы (СП), вопросы их алмазоносности во многом являются недостаточно изученными и дискуссионными по следующим причинам: а) закрытости данных опробования по многим месторождениям; б) несопоставимости данных опробования эксплоразведочных и эксплуатационных проб; в) не всегда опробуются строго раздельно различные типы кимберлитов. Кроме того, имеются определенные некоторые элементы субъективизма при определении петрографических типов кимберлитов различными исследователями (Афанасьев и др., 1987, 1980, 2000; Зинчук 2018, 2019, 2020, 2021а,б,в, 2022). Наиболее детально вопросы изменения алмазоносности различных типов кимберлитов изучались на примере трубки Мир, где многие исследователи получили данные об их различии. При этом выделяется различное количество петрографических типов (от 3-х до 6-и и более), которые по-разному распространены как в плане, так и на разведанную (до 1200 м) глубину. Кимберлитовая трубка Мир на поверхности имеет форму овала (размер по длинной оси – 490 м, по короткой – 320 м) со слабым пережимом в средней части. До глубины 200 м трубка представляет собой типичную воронку, глубже (примерно до 900 м) – цилиндрическое тело с незначительным сужением книзу, а затем на глубине около 1000 м от поверхности она переходит в серию подводящих даек. Верхние горизонты трубки Мир образовались в результате трехфазного внедрения кимберлитового расплава (Зинчук 2022а,б,в,г). 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 трубки и инъецируют брекчии северо-западной половины диатремы. Кимберлитовые породы третьей фазы формируют на юго-востоке трубки вытянутое в северо-западном направлении дайковое тело размером 30 х 120 м. Контакты этого тела с вмещающими кимберлитовыми брекчиями секущие, в зоне контакта широко развита сульфидная минерализация. Трехфазность строения нижних горизонтов диатремы установлена (Зинчук 2022д, 2023а,б) также по изучению керна, вскрытого скважинами при глубоком бурении с целью оценки продуктивности этой части месторождения. Между кимберлитами первой и второй фаз внедрения (на глубину около 1 км) прослеживается зона сочленения («шовная зона») подводящих каналов, обогащенная ксенолитами вмещающих пород («ксенолитовый пояс»).

Ксенолиты осадочных пород составляют основной объем ксеногенного материала в кимберлитовых породах изученной части месторождения. Подсчет ксеногенного материала проводился на поверхности срезов штуфных образцов линейным способом с учетом отдельных

крупных ксенолитов, учитываемых при документации керна скважин. Так как размер ксенолитов колеблется от долей миллиметра до нескольких метров, приводимые средние содержания по разновидностям и в целом по изученной части месторождения характеризуют возможный нижний предел содержаний (Зинчук 2023в,г,д,е). Наиболее насыщены ксенолитами терригенно-осадочных пород нижнего палеозоя породы первой фазы внедрения (около 10% в среднем), но здесь не выявлены крупные ксенолиты (размером в несколько метров). Крайне неравномерно ксенолиты осадочных пород распределены в автолитовой и микролитовой кимберлитовой брекчии. Встречаются участки с незначительным содержанием ксенолитов и участки, насыщенные ксенолитами самых разнообразных размеров – от первых сантиметров до нескольких метров (скважины 54Д, 60Д, 655, 68, 70 и др.). Подобные участки отмечаются в основном в приконтактных частях на северо-западе месторождения (Зинчук 2023ж; 2024а,б,в). Среди ксенолитов присутствуют практически все разновидности известково-магнезиальных пород нижнепалеозойской вмещающей кимберлиты толщи (известняки доломитовые, доломитистые, глинистые, песчанистые; доломиты известковые, известковистые, глинистые и др.). Наиболее крупные ксенолиты (размеров в несколько метров и более) наблюдаются на уровне своих стратиграфических подразделений во вмещающих диатрему пород. Большинство мелких ксенолитов окружено серпентин-карбонатной каймой, толщина которой в приконтактных частях трубки обычно увеличивается (Зинчук 2024г; 2025а,б; Зинчук, Афанасьев, 1998). Отмеченные особенности распределения в кимберлитах ксенолитов карбонатных пород существенно влияют на химический состав пород диатремы (рис.1). По изученным разрезам суммарная концентрация CaO , MgO и CO_2 варьирует от 25 до 53%. Резкое увеличение в кимберлитах по сравнению с вмещающими породами концентрации MgO вызвано не только значительными переменах количества доломита, но и преобладанием серпентина в основной массе пород. Последнее подчеркивается и повышенными концентрациями SiO_2 и H_2O (рис.1). Часть кремнезема связана с постоянным присутствием в породах тонкодисперсных выделений кварца, главным источником которого также являются вмещающие трубку терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя. Изменение фоновых содержаний Al_2O_3 , Fe_2O_3 и FeO обусловлено в основном обогащением отдельных участков и горизонтов некоторыми минералами-новообразованиями (гётитом, апатитом, пироауритом и др.).

Установлено (Зинчук, Бардухинов, 2021, 2022а,б), что алмазность пород, слагающих трубку, в плане и по вертикали зависит от

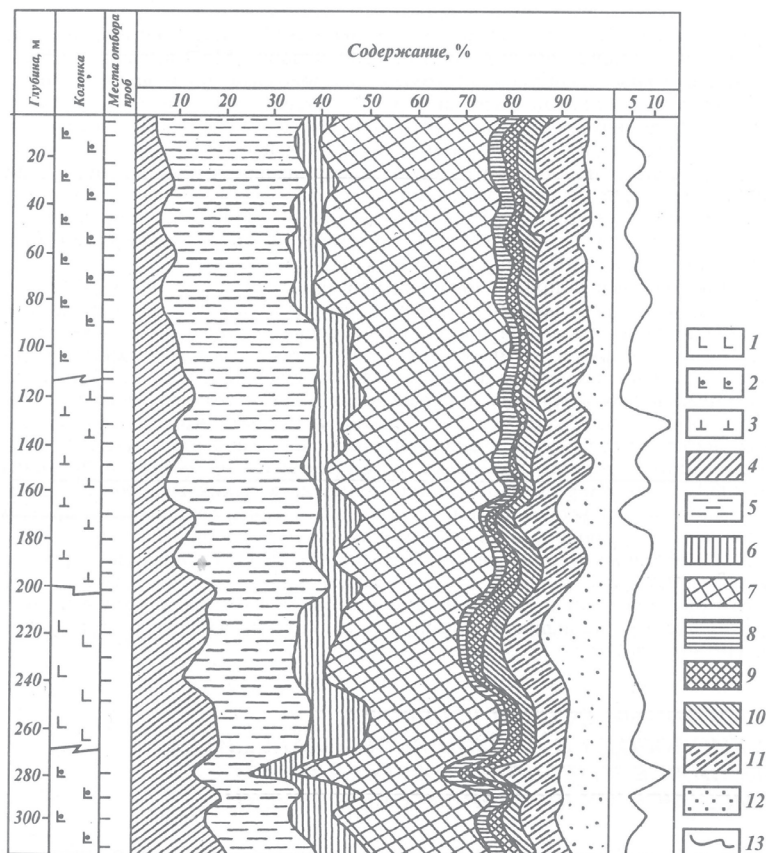


Рис. 1. Распределение основных петрогенных компонентов в кимберлитах трубки Мир, вскрытых скв.56:

1 – кимберлиты с массивной текстурой цемента; 2-3 – автолитовая (2) и крупнопорфировая (3) кимберлитовая брекчия; 4 – CaO; 5 – MgO; 6 – CO₂; 7 – SiO₂; 8 – Al₂O₃; 9 – Fe₂O₃; 10 – FeO; 11 – H₂O; 12 – остальные компоненты; 13 – ксенолиты осадочных пород.

закономерностей распределения кимберлитов разных фаз внедрения в объеме рудного тела. Отмечено, что атакситовая и крупнопорфировая разновидности характеризуются минимальной, а автолитовые кимберлитовые брекчии (АКБ) максимальной алмазоносностью. Существенное влияние на различие в алмазоносности (рис.2) оказывает присутствие кристаллов средних и крупных классов (Зинчук, Бардухинов, 2022в, 2024; Зинчук, Борис, 1981). По гранулометрическому составу и



Рис.2. Алмазы из кимберлитов трубки Мир (Малоботуобинский алмазоносный район)

морфологическим особенностям алмазов, окраске и степени дефектности кристаллов на глубоких горизонтах месторождения выделено (Зинчук, Герасимчук, 2006) два участка на северо-западе и юго-востоке трубки. Здесь отмечено различие по алмазоносности магматических фаз внедрения, а также в содержании в них разных классов крупности и их оптическим свойствам. Кимберлиты раннего этапа консолидации отличаются снижением качества алмазов и уменьшением алмазоносности. КБ характеризуются и более высокими экономическими показателями. Кроме упомянутых трех фаз КБ, формирование которых происходило в результате последовательного внедрения самостоятельных порций кимберлитового расплава из эволюционирующего магматического очага (Зинчук, Зинчук, 2018, 2019, 2020), вдоль контакта с вмещающими породами повсеместно отмечаются своеобразные кимберлитовые брекчии (5-50 м), названные эндоконтактовыми. Последние не связаны с самостоятельной фазой формирования диатремы, а представляют собой своеобразные фациальные разновидности упомянутых КБ. Возникновение таких пород обусловлено повышенным содержанием ксеногенного материала вмещающих трубки терригенно-карбонатных пород и влиянием на кимберлиты пневматолитово-гидротермальных растворов (Зинчук,

Зинчук, 2021). Породы этой зоны в диатремах наиболее интенсивно карбонатизированы и насыщены (достигая до 60 % объема) ксенолитами терригенно-карбонатных пород. Довольно интересной является также 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 иногда нескольких десятков метров, совпадая с пережимом диатремы, рассекая её в почти меридиональном направлении на две части (рис.1). В результате геологоразведочных работ с подсчетом полезного компонента отмечено продолжение ксенолитового пояса и на глубоких (до 1000 м) горизонтах, образуя своеобразную шовную зону, по которой сочленяются два самостоятельных тела, имеющие на глубине изолированные подводящие каналы (Зинчук, Зинчук, 2022). Слабоизмененные кимберлиты трубки отличаются высокой магнезиальностью, а иногда и повышенным содержанием K_2O . Слабо или практически неизмененные кимберлиты среди сильно переработанных вторичными процессами магматических образований отличаются низким содержанием карбонатной составляющей и повышенным – флогопита. На глубоких горизонтах трубки Мир отмечены также небольшие участки, сложенные атакситовым кимберлитом (АК), представляющим собой песчаникоподобную породу, нередко слоистой текстуры. По внешнему виду она напоминает осадочно-вулканогенные образования, характерные для верхних горизонтов некоторых слабо эродированных диатрем, однако от последних отличается преобладанием кимберлитового материала. В целом КБ описываемой диатремы содержат переменное количество обломочного материала терригенно-карбонатных пород чехла платформы, траппов и ксенолитов пород верхней мантии (Зинчук, Зинчук, 2020, 2023а,б, 2024, 2025).

Для внутритрубочных даек характерна различная степень серпентинизированности кимберлитов темно-серого до черного цвета с порфировой структурой и ориентированной текстурой, обусловленной субпараллельным расположением порфировых выделений оливина, а также обогащенной флогопитом карбонат-серпентиновой основной массы. Для кимберлитов даечного комплекса, в отличие от вмещающих их КБ, не характерны ксенолиты осадочных пород, конвергентных включений, а также крупные выделения первичных минералов. Изучены внутритрубочные дайки по керну разведочных скважин в интервалах глубин 1004,7-1005,2 и 1258 м (Зинчук, Коптиль, 2020, 2023; Кедрова и др., 2022; Коптиль, 1994) ширина их достигает несколько десятков сантиметров. Кимберлит даек представляет собой мелкопорфировую породу

темно-серого цвета, сложенную псевдоморфозами по оливину и многочисленными чешуйками и пластинчатыми кристаллами флогопита светло-коричневого цвета. Основная масса таких пород состоит из агрегатов серпентина и кальцита. При разведке глубоких горизонтов трубки были вскрыты и другие дайковые тела кимберлитов, представленные темно-серыми плотными породами с афировой структурой, практически без порфириковых выделений оливина или псевдоморфоз по нему.

На северо-восток от трубки Мир расположена кимберлитовая трубка Спутник (рис.1), имеющая в плане размеры 140 x 90 м, овальную форму с вытянутой в северо-западном направлении длинной осью. Диатрема на уровне современного среза находится в отложениях нижнего ордовика (мощностью до 280 м). Глубже этих глубин трубку окружают породы кембрийского возраста. Трубка на глубинах 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. Такие дайки под трапповым силлом объединяются в более мощную дайку – подводящий канал северо-западной ориентировки. В целом для трубки характерно повышенное содержание ксенолитов вмещающих пород и траппов. Среди магматических пород трубки выделяется несколько разновидностей. Кимберлитовые породы верхних горизонтов диатремы (до 25 м) наиболее изменены и на контакте с вмещающими породами они превращены в буровато-желтоватую глинисто-карбонатную массу. Ниже зоны гипергенного преобразования пород залегают КБ серого и грязно-серого цвета. При разработке диатрем, около трубок Мир и Спутник во вмещающих породах вскрыты три кимберлитовые дайки. Южная дайка прослежена на юго-восток от трубки Мир на расстоянии до 200 м. Центральная дайка, вскрытая между обеими трубками, как бы соединяет их. На расстоянии 300 м к северо-западу от трубки Спутник от контакта простирается дайка Северная. Мощность этих даек колеблется от 10 до 30 см. Отмечена особенность расщепления основного тела каждой дайки на несколько более тонких прожилков мощностью от 1 до 10 см. Прожилки кимберлитов во вмещающих породах либо выклиниваются, либо снова соединяются с главным телом. Взаимоотношение даек с трубками позволяет относить их к дотрубочным образованиям, сформировавшимся в начальную стадию развития диатрем (Котельников, Зинчук, 1997, 2021а,б). Установлено отличие кимберлитовых пород даек от кимберлитов трубок Мир и Спутник высоким содержанием карбонатного материала, повышенной ролью пиропы и пикроильменита, а также титана и фосфата. Дайковые тела кимберлитов сложной морфологии отмечены под пластовым телом долеритов на глубине около 500 м.

Отмечено различие дайкового кимберлита верхних и глубоких горизонтов, выражающиеся, прежде всего, в увеличении степени карбонатизации более нижних их частей. Отличается по составу от всех отмеченных выше структур и вскрытое карьером и буровыми скважинами около трубок Мир и Спутник пластовое кимберлитовое тело (силл), рвущее дайку долеритов, а также корневую зону трубки Спутник, протягиваясь на десятки метров севернее последней (Котельников и др, 2006; Савко и др, 2023; Серокуров 2021).

В трубке Мир отмечена значительно повышенная, чем во многих высоко-алмазоносных месторождениях мира Толстов, Зинчук. 2022; Трухин и др, 1989; Харьков, Зинчук 1994). Алмазы в кимберлитах диатремы представлены октаэдрами (до 61 %), ромбододекаэдрами (до 10 %), комбинированными кристаллами (до 29 %) и кубами (меньше 1 %). Характерно для алмазов трубки Мир (рис.2), как и других кимберлитовых тел с промышленной алмазоносностью Малоботуобинского алмазоносного района (МБАР), преобладание кристаллов октаэдрического габитуса (рис.3) при сравнительно невысоких содержаниях ламинарных

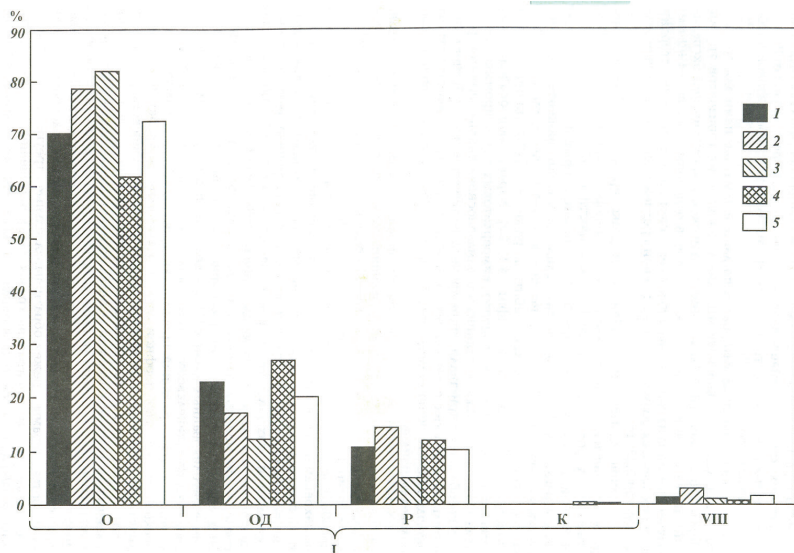


Рис.3.Типоморфные особенности алмазов из кимберлитовых диатрем Мирнинского поля:

1 – УШ – разновидности алмазов по классификации Ю.Л.Орлова (О – октаэдры, ОД – переходные формы, Р – ламинарные ромбододекаэдры, К – кубы); 1 – 4 – трубки: 1 – Интернациональная, 2 – Дачная, 3 – имени XXIII съезда КПСС, 4 – Мир, 5 – среднее по полю.

минералов переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитуса и ламинарных ромбододекаэдров. Доминируют бесцветные камни (до 75 %), но встречаются также дымчато-серые (до 14 %), буровато-красные (до 7 %), голубовато-зеленые (до 1 %), желтые (до 1 %) и лиловые (2 %) разновидности минерала. Доля сростков нередко достигает до 18 %, а шпинелевых двойников – до 10 %. Большое количество алмазов трубки Мир в той или иной степени трещиноваты, причем типоморфными для месторождения являются секущие трещины, не характерные для кимберлитовых диатрем других алмазоносных районов СП. Во многом это связано с высоким содержанием примесного азота в форме А-центра и распределением центров фотолюминесценции, приводящее к дополнительным напряжениям в структуре алмаза при добыче и обогащении полезного компонента. А-центр является основным оптически-активным дефектом в алмазах и на его долю приходится около 75 % общего содержания А- и В1-дефектов (рис. 4).

Трубки Мир и Спутник, дайки и силлоподобное тело представляют собой единую взаимосвязанную рудную систему, что позволило нам (Rosen et al., 2002; Serov et al., 2001; Vasilenko et al., 2002) провести сравнительное изучение особенностей алмазов из различных типов пород на всю глубину пробуренных колонковых скважин при разведке диатремы (нижние части) и их производственной отработки (верхние горизонты). При исследовании алмазов основное внимание уделялось морфологическим, оптическим и другим свойствам кристаллов. При этом основное внимание при изучении алмазов уделено нами кристаллам октаэдрического габитуса, их сросткам, двойникам и агрегатам, поскольку кубические и ромбододекаэдрические формы наблюдались редко и не отражали специфику выделяемых разновидностей КБ. При этом использовались также признаки алмазов, включающие особенности приобретенные кристаллами в процессе их транспортировки кимберлитовой магмой, её дифференциации и раскристаллизации, которые отнесены к дефектным (появление коричневой окраски, дымчатость, коррозионная скульптура, включения графита, желто-оранжевая фотолюминесценция и другие). Для кимберлитов глубоких горизонтов трубки Мир КБ второй фазы внедрения составляют более 80 % объема тела, тогда как аналогичные породы начальной фазы отмечаются только на отдельных участках (Зинчук, 2022д). Отмеченное различие в алмазоносности КБ двух фаз внедрения можно объяснить разубоживанием кимберлитов первой фазы в результате насыщения их ксенолитами пород осадочного чехла и меньшей скоростью подъёма и глубиной зарождения первых порций кимберлитовой магмы. Однако в целом алмазоносность каждого конкретного типа

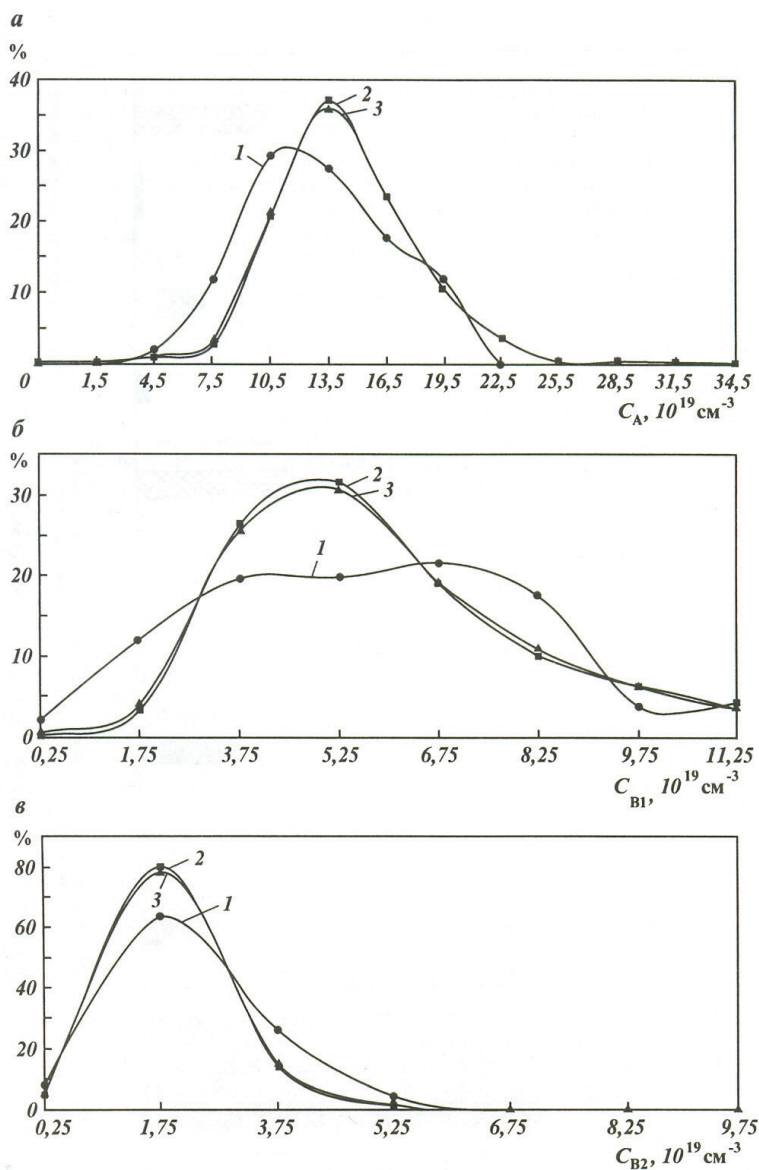


Рис.4. Распределение алмазов трубки Мир по концентрации C примесей: а – А-центра, б – V1-дефекта, в – V2-дефекта; 1 – 2 – алмазы классов -8 + 4 мм и -4 + 2 мм соответственно; 3 – среднее.

кимберлитовых пород колеблется в широких пределах (Зинчук, 1982; Зинчук, 2023а). Несмотря на в целом почти равномерное распределение алмазов по классам крупности, если не учитывать конкретных разновидностей пород, для образований различных фаз отмечаются определенные различия. Так, КБ первой фазы содержат максимальное количество мелких и максимальное число крупных кристаллов. В отличие от этого, в КБ второй фазы внедрения возрастает содержание крупных и уменьшается роль мелких кристаллов. Степень сохранности кристаллов алмаза, их средняя масса и алмазоносность пород второй разновидности глубоких горизонтов трубки Мир значительно выше, чем аналогичных параметров в этих же породах верхних горизонтов, что связано с динамикой заполнения диатремы и скоростью кристаллизации кимберлитового субстрата (Зинчук, 2023б,в,г).

В кимберлитовых породах трубки Мир преобладают (рис.2) бесцветные, реже эпигенетически окрашенные в дымчато-коричневые цвета (из-за пластической деформации) алмазы 1 разновидности по Ю.Л.Орлову (Орлов, 1984) при незначительном (до 2 %) содержании серых поликристаллических агрегатов УШ разновидности и единичных находках алмазов с оболочкой 1У разновидности (как желтовато-зеленого, так и молочно-серого цвета), октаэдрического габитуса, реже – комбинационного ряда октаэдр-ромбододекаэдр-куб. Характерной типоморфной особенностью алмазов трубки Мир является одно из максимальных среди месторождений мира содержание бесцветных плоскогранных октаэдров с острыми, иногда слегка округленными ребрами, названными кристаллами мирнинского типа. Из морфологических типов кристаллов преобладают (Зинчук, 2015) тонколаминарные октаэдры со сноповидной и занозистой штриховками, превалирующие над груболаминарными камнями с полицентрически растущими гранями, сложенными как тригональными, так и дитригональными слоями роста. Основная масса алмазов представлена монокристаллами; на долю двойников и сростков приходится не более 20 % общего количества кристаллов. Значительное количество алмазов трубки Мир в той или иной степени трещиноваты, причем типоморфными являются секущие трещины, не характерные для кимберлитовых месторождений алмазоносных полей СП. В кимберлитовой трубке Спутник алмазоносность кимберлитов в 4 раза ниже, чем в трубке Мир. Для алмазов из кимберлитов трубки Спутник характерно преобладание (до 70 %) мелких кристаллов и небольшое количество (до 7 %) средних размеров. Обнаружены ромбододекаэдры и кристаллы переходной формы, однако основная масса – алмазы октаэдрического габитуса и их осколки. Для алмазов этой небольшой

трубки характерно повышенное (до 19 %) содержание твердых включений экологитовой ассоциации, что обычно свойственно более ранней и менее глубинной фазе кимберлитового магматизма (Зинчук, 1982, 2021б, 2023а,б,в,г,д). В кимберлитовых жилах, откартированных в районе куста трубки Мир, доля мелких алмазов достигает до 80 %, а среднего класса – до 19 %. Преобладающее количество алмазов в жилах имеют ромбододекаэдрический габитус (Афанасьев и др., 1980; Зинчук, 2021г). Обычно они сложно деформированные, трещиноватые, с коричневой окраской с полосами пластической деформации. Развитые в кимберлитовых жилах мелкие алмазы и их осколки, коричнево-дымчатые, графитизированные, корродированные кристаллы указывают на сложные термодинамические условия их образования (перепады давления, температуры и газового режима).

В различных древних платформах мира, на основании сравнения геологического строения и минералого-петрографического состава кимберлитов, отмечено, что в каждом алмазодонном районе обычно находится крупное многофазное месторождение и намного больше более простых по строению диатрем. В пределах Мирнинского кимберлитового поля МБАР, наряду с многофазной трубкой Мир, отмечены более простые по строению диатремы (Интернациональная, имени XXIII съезда КПСС, Дачная, Таёжная и Амакинская) и ряд жил, наиболее изученной среди которых является самостоятельная кимберлитовая жила А-21. Наиболее ценной в промышленном отношении является кимберлитовая трубка Интернациональная, расположенная в 16 км к юго-западу от диатремы Мир на правом берегу р.Ирелях, в верхнем течении её правых притоков Маччоба-Салаа и Улаах-Юрях. Трубка Интернациональная тяготеет к зоне Западного разлома, размещаясь на расстоянии 3 км от его осевой линии. Трубка сопровождается системой даек, ориентированных в северо-восточном, северо-западном или почти меридиональном направлениях. На поверхности трубка имеет форму неправильного овала, вытянутого на северо-запад. В среднепалеозойское и мезозойское время около 470 м верхней части диатремы было уничтожено в результате длительной эрозии (Бардухинов, Зинчук, 2022; Василенко и др., Зинчук, 1981, 1982, 2020, 2021а,б). От раструба сохранилась нижняя 120-метровая его часть. Далее на глубину остатки раструба переходят в цилиндрический канал с почти вертикальными контактами. До глубины примерно 1000 м размеры трубки существенно не уменьшаются, однако тело её в целом склоняется в северо-восточном направлении. Трубка прорывает горизонтально залегающие терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя и перекрывается нижнеюрскими отложениями мощностью от

2,1 до 9,2 м. В раннетриасовое время диатрема была перекрыта пластовым телом долеритов. В её верхней части установлена слабо выраженная элювиальная кора выветривания (КВ) с содержанием в глинистой массе обломков обохренных пород, что подчеркивает избирательный характер гипергенного изменения элювиальных образований диатремы (Зинчук, 2021в,г, 2022а,б). В таких профилях псевдоморфозы серпентина и кальцита по оливину, редкие зерна индикаторных минералов кимберлитов (ИМК) сцементированы карбонат-серпентиновым агрегатом. Из ксенолитов наиболее распространены (5-30 %) обломки терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя. В небольших количествах встречаются включения траппов. Обнаружены также единичные обломки кристаллических сланцев фундамента СП. Повышенное (40-60 %) количество ксенолитов карбонатных пород зафиксировано в приконтактной зоне (особенно на участках пологого залегания контактов). Характерной особенностью верхних горизонтов диатремы (до глубины примерно 370 м) является относительно высокое содержание примеси терригенного материала вмещающих пород. Последний представлен песчанистой, алевроитовой и глинистой фракциями, в которых доминируют тонкозернистые выделения кварца, полевых шпатов, турмалина, сфена, ставролита и глинистых минералов. Ниже указанной глубины количество перечисленных минералов постепенно уменьшается и на глубинах ниже 500 м они полностью исчезают. С глубиной строение кимберлитового тела усложняется и в этих частях выделяются кимберлиты трех фаз внедрения, слабо различающихся между собой по строению, составу и алмазонасности (Зинчук, 2015, 2023б). Значительный объем кимберлитовых пород на глубоких горизонтах приходится на КБ, сложенные округлыми и овальными обособлениями пород ранней генерации. Автолиты имеют обычно более мелкопорфировую структуру, чем выполняющие кимберлиты. По содержанию и составу ИМК породы трубки Интернациональная отличаются от подавляющего большинства кимберлитовых тел не только Мирнинского поля, но и всей СП. Характерным для описываемой диатремы является низкое содержание минералов титанистой ассоциации (пикроильменит и оранжевый пироп) и повышенное – хромистой (хромшпинелид, хромдиопсид и хромистый пироп). Сильно серпентинизированные ксенолиты мантийных пород в описываемой диатреме очень редки. Трубку Интернациональная сопровождают десяток дайковых тел (мощностью от нескольких сантиметров до 1 м), некоторые из которых алмазонасны.

Алмазы трубки Интернациональная (рис.5) являются характерными для группы коренных месторождений с промышленной

алмазонасностью МБАР и в целом близки к алмазам трубки Мир (рис.2). Среди них резко (до 71 %) преобладают кристаллы октаэдрического габитуса 1 разновидности по Ю.Л.Орлову, реже переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрического габитуса (23%) при ничтожном (меньше 1 %) содержании ламинарных ромбододекаэдров (рис.5). Типичные округлые алмазы уральского (бразильского) типа, являющиеся отрицательным фактором алмазонасности кимберлитов, встречаются в небольшом количестве только в мелких классах ($-2+0,5$ мм). Содержание ламинарных ромбододекаэдров увеличивается по мере уменьшения крупности кристаллов и в классе $-1+0,5$ мм достигает 10 % их общего количества, что сопоставимо с таковым в трубке Мир (Зинчук, 2018). Типоморфной особенностью алмазов трубки Интернациональная является сравнительно высокое (до 16 %) содержание плоскогранных октаэдров с острыми ребрами мирнинского типа, являющихся лучшей частью алмазного сырья. По морфологическим типам преобладают тонколаминарные кристаллы преимущественно октаэдрического габитуса со сноповидной и занозистой штриховкой, преобладание над грубослоистыми индивидами с полицентрически растущими гранями и плоскогранными. Общее содержание алмазов с твердыми включениями является сравнительно



Рис.5. Алмазы из кимберлитов трубки Интернациональная (Малоботубинский алмазонасный район).

невысоким и не превышает 21 % общего количества кристаллов. Среди них резко преобладают эпигенетически включения графита, часто в ассоциации с сульфидами. На долю сингенетических включений приходится примерно 5 % общего количества алмазов, причем среди них доминируют (99 %) включения ультраосновной ассоциации, что сближает их с кристаллами большинства эксплуатируемых месторождений СП (Зинчук, 2021в, 2023е,ж, 2024а,б,в). Концентрация в алмазах примесного азота в форме А-центра является высокой и распределение его характеризуется (рис.6) одномодальной кривой с максимумом в области $(15-18) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Содержание А-центра составляет 626 at ppm, причем А-центр составляет 78% общей концентрации А- и В1-дефектов. Содержание «пластиночных» дефектов (Р и В₂) также низкое – $3,4 \text{ см}^{-1}$. Отмечена связь концентрации азота с крупностью кристаллов. В целом типоморфными особенностями алмазов трубки Интернациональная являются: резкое преобладание кристаллов октаэдрического габитуса 1 разновидности при высоком содержании плоскогранных остросереберных октаэдров, невысокая ламинарность, низкое содержание двойников и сростков, представленных преимущественно двойниками по шпинелевому закону и низкое содержание алмазов с признаками природного травления. Также для них характерна повышенная степень прозрачности, невысокое содержание окрашенных камней и кристаллов с твердыми включениями. Преобладает розово-сиреневая фотолюминесценция кристаллов и высокое содержание в них примесного азота в форме А-центра. Постоянно присутствуют грязно-фиолетовые октаэдры.

Проведено сопоставление имеющихся материалов по алмазности и их связи со структурно-текстурными особенностями кимберлитов трубок Ботуобинская (Средне-Мархинский алмазоносный район - СМАР), Удачная и Айхал (Далдыно-Алакитский алмазоносный район - ДААР), а также по керну разведочного материала с привязкой к петрографическим типам. Эти трубки сформированы (Зинчук, 1981, 2023г) в результате нескольких (не менее двух) фаз внедрения кимберлитового расплава, каждой из которых соответствует собственный петрографический тип породы. Последовательность магматических фаз внедрения установлена по резким геологическим контактам и включениям ксеноавтолитов, отражающим временные границы этапов консолидации разных петрографических типов. АКБ завершающих эксплозивных фаз внедрения характеризуются в целом повышенной алмазностью, по сравнению с предшествующими по образованию интрузивными ПК. Это соотношение (в условных единицах) для восточного тела трубки Удачная составляет 1,3 : 1, западного – 1,5 : 1, трубок Айхал и Ботуобинская – 1 : 1,5. Примерно такое же соотношение отмечено и для трубки Нюрбинская.

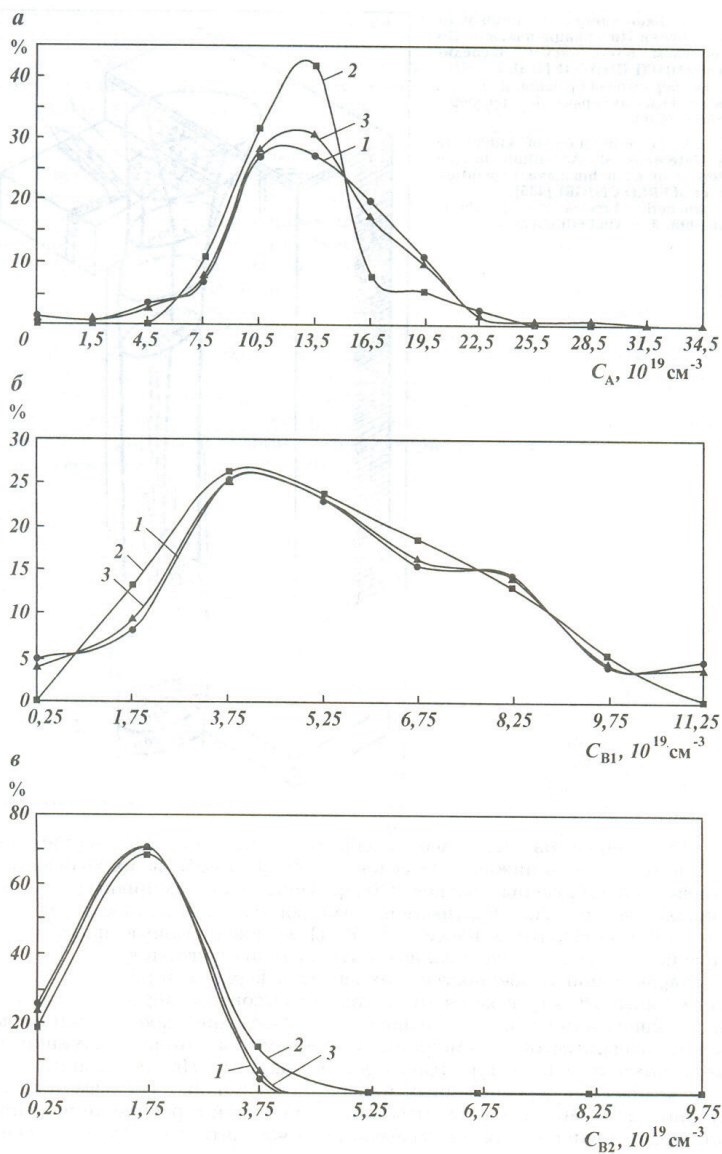


Рис.6. Распределение алмазов трубки Интернациональная по концентрации C примесей.

а – А-центра, б – V1-дефекта, в – V2-дефекта; 1-2 – алмазы классов -4+2 мм и -8+4 мм; 3 – среднее.

Превалирует мнение, что последние фазы внедрения кимберлитов у многофазных трубках более алмазоносны. Используя методы математической статистики, определено (Зинчук, 2017, 2019, 2020), что участки с различной алмазоносностью в трубках располагаются соответственно распространению кимберлитов разных фаз внедрения, причем породы завершающих этапов формирования характеризуются повышенной продуктивностью. Сами границы кимберлитовых пород разных фаз внедрения обычно нечеткие, трудно картируемые, а критерии определения фаз и последовательности их формирования в ряде случаев весьма условны.

Для кимберлитов трубок сложного внутреннего строения характерны алмазы различной крупности, габитуса и свойств (Афанасев и др, 1980; Зинчук, 1982). Обычно ранние фазы внедрения кимберлитов трубки Мир менее алмазоносны, содержат минимальное количество октаэдров по сравнению с более поздними фазами внедрения. Большинство алмазов из кимберлитовых жил имеют ромбододекаэдрический габитус; кристаллы сильно деформированы, трещиноваты, имеют дефектную окраску. Значительная их часть содержит включения эпигенетического графита, а поверхности ромбододекаэдров (с шагреньевым рельефом) свидетельствуют о пластической деформации алмаза. Исследуя типоморфные особенности алмазов трубок с промышленной алмазоносностью (Удачная, Сытыканская, Юбилейная, Комсомольская и др.), установлено (Зинчук, 1991, 1998, 2015, 2023г), что наиболее высокопродуктивными являются рудные столбы, сложенные АКБ. Для этого петрографического типа характерно повышенное содержание в них кристаллов алмаза октаэдрического габитуса в крупных классах, с одновременным снижением количества ромбододекаэдров. Менее алмазоносными считаются рудные столбы, выполненные ПК, для которых характерно увеличение количества кристаллов ромбододекаэдроидов, с уменьшением числа октаэдров, а также повышенная роль округлых алмазов. Образование додекаэдрических поверхностей исследователи связывают с условиями растворения при повышенных температурах. Результаты экспериментов по искусственному получению алмаза (Зинчук, 2018) свидетельствуют о том, что габитус кристалла варьирует в зависимости от температуры. По мере повышения температуры появляются куб-октаэдр-додекаэдры, что позволяет предполагать более высокое содержание крупных фенокристов оливина в ПК. Последние во всех изученных трубках характеризуются более мощными келифитовыми каймами на гранатах ультраосновной ассоциации. Это свидетельствует о более длительной их реакции с кимберлитовым расплавом, то есть меньшей скорости внедрения транспортируемого флюида, что могло приводить и к растворению алмазов.

Завершающие вулканические фазы внедрения кимберлитовой магмы характеризовались высокими скоростями подъёма, что могло положительно отразиться на сохранности алмазов и их соотношении в настоящее время. Однако, такая закономерность характерна не всем диатремам. Например, в трубке Дальняя (ДААР) более алмазоносными оказались ПК. Обнаружены также различия (Зинчук, 1982) в распространении кристаллов с разным типом их внутреннего строения в кимберлитах разных фаз внедрения Накынского поля (трубки Ботуобинская и Нюрбинская). Установлено, что среди алмазов из АКБ повышено содержание кристаллов с желтым и желто-зеленым свечением и снижено с розовым, розово-сиреневым и оранжевым, что существенно отличается от аналогичных свойств минерала из ПК. Были обнаружены различия по интенсивности образования продуктивных зародышей кристаллов алмаза из разных типов кимберлитов.

Нами рассмотрены особенности взаимосвязи химического состава кимберлитов и алмазоносности, которые базировались на результатах химического анализа более 3 тысяч образцов кимберлитов различных структурно-петрографических разновидностей по всем изученным коренным месторождениям алмазов Якутии (Зинчук, 2024г, 2025а,б; Зинчук, Афанасьев, 1998). Линейный корреляционный анализ содержаний алмазов и доминирующих оксидов из кимберлитов трубок Мир и Интернациональная (МБАР), Сытыканская, Юбилейная и Удачная (ДААР) надежных, устойчивых зависимостей не обнаружил, что связано вероятно с тем, что имеющиеся в распоряжении данные по алмазоносности 10-метровых разведочных интервалов включали несколько структурно-текстурных разновидностей пород. Однако, применение множественного регрессионного анализа подтвердило (Афанасьев и др., 2000) гипотезу о наличии связи между химизмом кимберлитов разрабатываемых месторождений СП и их алмазоносностью. Имеющиеся базы данных химических анализов были разделены по уровням алмазоносности для отдельных диатрем на 50 групп, для каждой из которых были вычислены средние значения, которые затем были использованы в уравнениях множественной регрессии (Зинчук, Бардухинов, 2021, 2022а,б). В результате в каждой кимберлитовой трубке было установлено по две основные популяции (подгруппы), различающиеся по содержаниям отдельных петрогенных компонентов. Отмечено, что ПК ранних фаз внедрения, характеризующиеся повышенной магнезиальностью, титанистостью и железистостью, менее продуктивны по сравнению с кимберлитовыми брекчиями завершающих стадий формирования диатрем; чем меньше в популяциях TiO_2 , Fe_2O_3 , больше K_2O и Al_2O_3 , тем выше

алмазоносность популяций (Зинчук, Бардухинов, 2024; Зинчук, Борис, 1981; Зинчук, Герасимчук 2006).

Таким образом, на основании изучения геологического строения и вещественного состава трубок и жил, исследования алмазоносности кимберлитов, морфологии, гранулометрии и окраски алмазов проведена детализация модели пространственного размещения жильных тел, трубок Мир, Спутник, Интернациональная и др. Установлено, что жильные тела, трубки Мир и Спутник отличаются по алмазоносности, гранулометрическому составу и качеству алмазов. Наиболее обогащены мелкими и низкосортными алмазами жильные тела и рудные столбы, отвечающие первым фазам (этапам) внедрения. Обилие мелких, окрашенных и низкосортных алмазов в жилах и трубках раннего этапа внедрения (трубка Спутник) вызвано тем, что кимберлитовый расплав при их становлении прошел достаточно длинную историю развития. Это создало неблагоприятные для сохранности алмазов термодинамические условия, что привело к появлению дефектных алмазов. Различия алмазоносности, гранулометрического состава, количества окрашенных алмазов, кристаллов с включениями графита, трещиноватых и поврежденных камней их жил, трубок Мир, Спутник, Интернациональная и др. являются индикаторами различных термодинамических условий формирования этой природной рудной системы (вариации вещественного и газового составов, перепады РТ-условий). Подводя итоги исследованиям по сопоставлению текстурно-структурных типов кимберлитовых пород сложнопостроенных трубок СП по алмазоносности, морфологическим и оптическим характеристикам алмазов, можно отметить о существовании различий в алмазоносности разных фаз внедрения кимберлитов, что обусловлено различным уровнем заложения и длительности функционирования образующих их магматических очагов, физико-химическими свойствами исходных составляющих, а также скоростью подъема и характером продвижения кимберлитовой магмы в процессе разных этапов кимберлиитообразования. Все основные разновидности кимберлитов и включения в них, обнаруженные в верхних частях диатрем, найдены и на глубине, причем не отмечено зональности в распределении ксенолитов. Интенсивность замещения последних вторичными минералами зависит от степени измененности кимберлитов, вмещающих эти ксенолиты. Отмеченная нередко повышенная степень переработки ксенолитов на глубине, по сравнению с верхними горизонтами, связана с воздействием на кимберлиты и содержащиеся в них ксенолиты высокоминерализованных вод, локализованных в пределах мощных залежей соленосных толщ во вмещающих кимберлиты СП кембрийских отложений.

Сравнительное исследование крупности, морфологии, оптических свойств кристаллов и алмазонасности пород диатрем подтверждает различие между выделенными разновидностями КБ различных фаз внедрения. Особенности происхождения и извержений кимберлитовых расплавов могли влиять на преобразование первоначальной формы кристаллов алмаза, что вызвано их растворением (иногда до полного уничтожения) и коррозией. При оценке продуктивности кимберлитовых трубок необходимо учитывать реальные соотношения в диатремах интрузивных и эксплозивных процессов кимберлитообразования, которые меняются во времени. Изложенные материалы позволяют предполагать, чем большие объёмы трубок будут сложены ПК интрузивных фаз внедрения, тем ниже будет их алмазонасность, что подтверждено результатами опробования многих диатрем на СП. Для всех разрабатываемых кимберлитовых трубок этого региона с глубиной увеличивается объём КБ, что подчеркивает их рентабельную оценку. Различная продуктивность выделенных типов кимберлитовых пород имеет большое практическое значение для выбора оптимального режима обогащения пород. Для повышения эффективности процесса обогащения отдельных разновидностей КБ следует учитывать их различия в соотношениях ксенолитов, петрофизических свойств, распределения порообразующих минералов, характер вторичной минерализации и насыщенности алмазами.

Библиографический список

- Афанасьев В.П., Елисеев А.П., Надолинный В.А., Зинчук Н.Н., Коптиль В.И., Рылов Г.М., Томиленко А.А., Горяйнов С.В., Юрьева О.П., Сонин В.М., Чепуров А.И. Минералогия и некоторые вопросы генезиса алмазов У и УП разновидностей (по классификации Ю.Л.Орлова) // Вестник Воронежского госуниверситета. Геология. 2000. №-5. С.79-97.
- Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н. Минералогия древних россыпей алмазов восточного борта Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. 1987. №-1. С.90-96.
- Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Харьков А.Д., Соколов В.Н. Закономерности изменения мантийных минералов в коре выветривания кимберлитовых пород // Минералогия зоны гипергенеза.-М.:ИГЕМ АН СССР.-1980.-С.45-54.
- Афанасьев В.П., Похиленко Н.П., Логвинова А.М., Зинчук Н.Н., Ефимова Э.С., Сафьянников В.И., Красавчиков В.О., Подгорных М.М., Пругов В.П. Особенности морфологии и состава некоторых хромшпинелидов алмазонасных площадей в связи с проблемой «ложных» индикаторов кимберлитов // Геология и геофизика. 2000. Т.41. №-12. С.1729-1741.
- Бардухинов Л.Д., Зинчук Н.Н. Алмазы из древних осадочных толщ и их поставщики (на примере Якутской кимберлитовой провинции) // Руды и металлы. 2022. №-2. С.65-86.
- Василенко В.Б., Кузнецова Л.Г., Зинчук Н.Н. Петрохимическая фактография кимберлитовой провинции Восточной Сибири. Новосибирск: Параллель. 2019. 754 с.
- Зинчук Н.Н. Состав и генезис глинистых минералов в верхнепалеозойских осадочных толщах восточного борта Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. 1981. №-8. С.22-29.

- Зинчук Н.Н. Об основных источниках глинистых минералов в мезозойских континентальных алмазоносных отложениях Западной Якутии // Геология и геофизика. 1982. №-8. С.81-90.
- Зинчук Н.Н. Особенности состава и распределения слюдястых образований в кимберлитовых породах Якутии // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 1991. №-7. С.58-66.
- Зинчук Н.Н. Влияние вторичных минералов на облик и состав кимберлитовых пород // Геология и геофизика. 1998. Т.39. №-12. С.1704-1715.
- Зинчук Н.Н. Особенности гипергенного изменения кимберлитов и проблема поисков коренных месторождений алмазов. Статья 1. Коры выветривания на кимберлитах Сибирской и Восточно-Европейской платформ // Бюллетень МОИП. Отдел. геолог., 2015. Т.90. Вып.5. С.28-40.
- Зинчук Н.Н. Особенности гипергенного изменения кимберлитов и проблема поисков коренных месторождений алмазов. Статья 2. Коры выветривания на кимберлитах Африканской платформы // Бюллетень МОИП. Отдел. геолог., 2015. Т.90. Вып.6. С.58-70.
- Зинчук Н.Н. Особенности минералов слюд в кимберлитах // Вестник Воронежского университета. Геология. 2018. №-2. С.29-39.
- Зинчук Н.Н. Особенности терригенного материала в древних алмазоносных толщах // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н.Чирвинского.-Вып.22.-Пермь: ПГНУ.-2019.-С.191-207.
- Зинчук Н.Н. Специфические особенности элювия различных пород // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н.Чирвинского.-Вып.23.-Пермь: ПГНУ.-2020.-С.187-205.
- Зинчук Н.Н. Типоморфные свойства индикаторных минералов кимберлитов и их использование при прогнозировании месторождений алмаза на Сибирской платформе // Отечественная геология. 2021а. №-2. С.41-56.
- Зинчук Н.Н. Докембрийские источники алмазов в россыях фанерозоя // Вестник Воронежского ун-та. Геология. 2021б. №-3. С.50-61.
- Зинчук Н.Н. Геологические исследования при поисках алмазных месторождений // Вестник Воронежского университета. Геология. 2021в. №-4. С.35-52.
- Зинчук Н.Н. О влиянии кимберлитового магматизма на литолого-минералогические особенности древних осадочных алмазоносных толщ // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н.Чирвинского.-Вып.24.-Пермь: ПГНУ.-2021г.-С.36-53.
- Зинчук Н.Н. Роль петролого-минералогических и геохимических исследований в оценке потенциальной алмазоносности кимберлитов // Отечественная геология. 2022а. №-1. С.36-47.
- Зинчук Н.Н. Кремнистые минералы в кимберлитах // Вестник Воронежского университета. Геология. 2022б. №-4. С.38-52.
- Зинчук Н.Н. Особенности петрографического изучения кимберлитовых пород // Отечественная геология. 2022в. №-4. С.34-49.
- Зинчук Н.Н. Коры выветривания и их роль в формировании посткимберлитовых осадочных толщ // Руды и металлы. 2022г. №-2. С.100-120.
- Зинчук Н.Н. О древних алмазах в россыях // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского.-Вып.25.-Пермь: ПГНУ.-2022д.-С.68-84.
- Зинчук Н.Н. О специфике глинистых минералов в осадочных формациях // Вестник Пермского университета. Геология. 2022е. №-1. С.10-23.
- Зинчук Н.Н. О геохимических особенностях разновозрастных образований алмазоперспективных территорий // Отечественная геология. 2023а. №-1. С.42-55.
- Зинчук Н.Н. Литолого-стратиграфические исследования при алмазопроисловых работах // Вестник СВФУ. Науки о Земле. 2023б. №-1 (29). С.5-28.

- Зинчук Н.Н. Особенности гидротермального и гипергенного изменения слюдитых кимберлитов // Вестник Пермского университета. Геология. 2023в. Т.22. №-1. С.32-50.
- Зинчук Н.Н. Об особенностях флюидных и гидротермальных включений в некоторых минералах кимберлитов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. -Вып.26.-Пермь: ПГНУ.-2023г.-С.45-64.
- Зинчук Н.Н. Особенности сульфидов в кимберлитовых породах // Вестник Воронежского университета. Геология. 2023д. №-4. С.47-62.
- Зинчук Н.Н. Особенности кальцита из кимберлитовых пород // Вестник Воронежского университета. Геология. 2023е. №-2. С.28-43.
- Зинчук Н.Н. Особенности распространения и генезиса некоторых карбонатных минералов в кимберлитовых породах (на примере Сибирской платформы) // Отечественная геология. 2023ж. №-6. С.62-77.
- Зинчук Н.Н. Геолого-тектоническое строение и особенности развития Сибирской платформы в связи с алмазопроисковыми работами // Отечественная геология. -2024а.-№-3. С.43-72.
- Зинчук Н.Н. О некоторых особенностях региональной поисковой алмазной минералогии // Вестник Пермского государственного университета. Геология. -2024б.-Т.23.-№-2.-С.152-172.
- Зинчук Н.Н. Особенности магнетита из кимберлитовых пород // Вестник Воронежского университета. Геология. -2024в.-№-3.-С.32-47.
- Зинчук Н.Н. Об особенностях некоторых индикаторных минералов кимберлитовых пород // Вестник Пермского государственного университета. Геология. -2024г.-Т.23.-№-4.-С.352-376.
- Зинчук Н.Н. Особенности состава основной массы кимберлитов // Отечественная геология. -2025а.-№-1. С.79-103.
- Зинчук Н.Н. Особенности боратов в кимберлитовых породах // Вестник Воронежского ун-та. Геология. -2025б.-№-1.-С.70-78.
- Зинчук Н.Н., Афанасьев В.П. Генетические типы и основные закономерности формирования алмазоносных россыпей // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 1998. №-2. С.66-71.
- Зинчук Н.Н., Бардухинов Л.Д. О специфике изучения алмаза при прогнозно-поисковых работах (на примере Сибирской платформы) // Руды и металлы. 2021. №-3. С.59-75.
- Зинчук Н.Н., Бардухинов Л.Д. Алмазы из низкопродуктивных кимберлитов // Руды и металлы. 2022а. №-1. С.77-93.
- Зинчук Н.Н., Бардухинов Л.Д. О специфике докембрийских источников алмазов в россыпях // Вестник Пермского ун-та. Геология. 2022б. Том 21. №-2. С.149-166.
- Зинчук Н.Н., Бардухинов Л.Д. Алмазы из полупромышленных кимберлитов // Вестник Воронежского ун-та. Геология. 2022в. №-2. С.32-45.
- Зинчук Н.Н., Бардухинов Л.Д. Особенности состава и формирования россыпей алмазов в краевых частях древних платформ (на примере северо-востока Сибирской платформы) // Известия Коми НЦ УрО РАН. Серия «Науки о Земле». -2024. №-3 (69). С.63-75.
- Зинчук Н.Н., Борис Е.И. О концентрации продуктов переотложения кор выветривания в верхнепалеозойских осадочных толщах восточного борта Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. 1981. №-8. С.22-29.
- Зинчук Н.Н., Герасимчук А.В. Научно-методическое обеспечение прогноза и поисков алмазных месторождений на современном этапе // Руды и металлы. -2006.-№-4.-С.5-12.
- Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н. О специфике и продуктивности обогащенных слюдами кимберлитов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Вып. 21. Пермь: ПГНУ. 2018. С.290-305.

- Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н. Глинистые минералы в решении алмазопроисловых работ // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Вып.22. Пермь: ПГНУ. 2019. С.110-127.
- Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н. О литолого-минералогических особенностях древних алмазосных толщ // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Вып.23. Пермь: ПГНУ. 2020. С.206-223.
- Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н. Сравнительные особенности продуктов выветривания различных пород // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Вып.24. Пермь: ПГНУ. 2021. С.54-78.
- Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н. О специфике и продуктивности обогащенных слюдами кимберлитов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Вып.25.-Пермь: ПГНУ. 2022. С.85-100.
- Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н. Основные поставщики аллотигенных минералов при формировании древних алмазосных толщ // Сб.: Геммология. Материалы юбилейной 10-й научной конференции. Томск: Томский ЦНТИ. 2023а. С.24-38.
- Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н. О специфике термобарических факторов оруденения // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского.-Вып.26.-Пермь: ПГНУ.2023б.-С.65-86.
- Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н. Типоморфные особенности продуктов выветривания различных пород в связи с алмазопроисловыми работами // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Вып.27. Пермь: ПГНУ. 2024. С.8-31.
- Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н. Геолого-петрофизические и минералого-петрографические исследования кимберлитовых пород // Известия КНЦ УрО РАН. Науки о Земле.-2025.-№-3.-С.5-26.
- Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Особенности алмазов из древних осадочных толщ на площадях влияния кристаллических массивов.-2020.-№-3.-С.75-88.
- Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Сравнительные особенности алмазов из коренных источников с высокой плотностью расположения кимберлитовых тел // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 2023. №-1 (65). С.-28-42.
- Кедрова Т.В., Богуш И.Н., Зинчук Н.Н., Бардухинов Л.Д., Липашова А.Н., Афанасьев В.П. Россыпи алмазов Накынского кимберлитового поля // Геология и геофизика. 2022. Т.63. №-3. С.291-302.
- Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов северо-востока Сибирской платформы в связи с проблемой прогнозирования и поисков алмазных месторождений // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геол.-минерал. наук.-ИГМ СО РАН. Новосибирск. 1994. 25 с.
- Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н. Особенности глинистых минералов в отложениях различных осадочных формаций // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 1997. №-2. С.53-63.
- Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н. Геологическая интерпретация результатов изучения глинистых минералов в осадочном чехле земной коры // Вестник Воронежского госуниверситета. Геология. 2001а. №-12. С.45-51.
- Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н. Условия накопления и постседиментационного преобразования глинистых минералов в осадочном чехле земной коры // Вестник Воронежского университета. Геология. 2001б. №-12. С.45-51.
- Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н. Об аномалии общей схемы преобразования разбухающих глинистых минералов при погружении содержащих их отложений в стратисферу // Вестник Воронежского госуниверситета. Серия геология. 2003. №-2. С.57-68.
- Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н., Кузьмин В.А. Морфогенетическиразновидности каолинита в корах выветривания и осадочном чехле земной коры. Статья 1.

- Механизм образования каолинита в корях выветривания различных петрохимических типов пород // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 2006. №-5. С.19-25.*
- Савко А.Д., Зинчук Н.Н., Шевырёв Л.Т., Ильяш В.В., Афанасьев Н.С. Алмазонасность Воронежской антеклизы. Труды НИИГ Воронежского ун-та. 2003. Т.17. 121 с.*
- Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Зуев В.М. Космические методы при прогнозировании и поисках месторождений алмазов. М.: Недра. 2001. 198 с.*
- Толстов А.В., Зинчук Н.Н. Вклад Алмазной лаборатории ЦНИГРИ в научную кладовую Якутии // Руды и металлы. 2022. №-2. С.25-35.*
- Трухин В.И., Жилева В.А., Зинчук Н.Н., Романов Н.Н. Магнетизм кимберлитов и траптов. М. МГУ. 1989. 165 с.*
- Харьков А.Д., Зинчук Н.Н. Атлас-определитель пород и руд месторождений алмазов кимберлитового типа. М.: Недра. 1994. 143 с.*
- Rosen O.M., Serenko V.P., Spetsius Z.V., Manakov A.V., Zinchuk N.N. Yakutian kimberlite position in the Siberian craton and composition of the upper and lower crust // Geologiya and Geofizika. 2002. V.43. №-1. pp.3-26.*
- Serov I.V., Garanin V.K., Zinchuk N.N., Rotman A.Ya. Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform // Petrology. 2001. T.9. №-6. pp.576-588.*
- Vasilenko V.B., Kuznetsova L.G., Volkova N.I., Zinchuk N.N., Krasavchikov V.O. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry // Journal of Geochemical Exploration. 2002. T.76. №-2. pp.93-112.*

MATERIAL-PETROLOGICAL ASPECTS OF KIMBERLITE PRODUCTIVITY

N.N. Zinchuk

*West Yakut Scientific Center AS of the Republic of Sakha, Mirny
nnzinchuk@rambler.ru*

Most of investigated kimberlite diatremes of the represent multiphase pipes. Each magmatic phase of intrusion, formed inside diatremes, is composed by kimberlites with specific petrographic and petrochemical type possessing a number of stable, weakly changing with depth typomorphic features. Kimberlites of different intrusion phases in the same diatreme differentiate by both correlation of porphyritic and clastic structural elements and content of indicator minerals. Carried out investigations indicated sufficient distinctions in diamondiferousness of different intrusion phases of kimberlites, which is stipulated by different level of emplacement and duration of functioning of forming them magmatic hotbeds, physical-chemical properties of initial components, as well as by velocity of ascent and character of kimberlite magma advance in the process of different kimberlite-formation stages. Kimberlite breccias of completion stages of pipes formation are most productive in comparison with porphyritic kimberlites of early intrusive penetration phases. Specific features of origin and eruptions of kimberlite melts could sufficiently impact transformation of initial diamond crystals shape, which is cause by their dissolution (sometimes to complete destruction) and corrosion. When assessing productivity of kimberlite pipes it is necessary to consider real correlations of intrusive and explosive processes of kimberlite-formation in diatremes, which usually change in time.

Keywords: Kimberlite pipes, kimberlite-formation, diamondiferousness, diamonds, intrusive processes, explosive processes, typomorphism of minerals.