

## Типоморфные особенности алмазов как отражение их экзогенной истории

Н.Н.ЗИНЧУК, В.И.КОПТИЛЬ (Западно-Якутский научный центр Академии наук Республики Саха (Якутия) (ЗЯНЦ АН РС (Я)); 678170, г. Мирный, Чернышевское шоссе, 16)

Результаты комплексного исследования типоморфных особенностей алмазов из россыпей и проявлений Тунгусской алмазоносной субпровинции позволили выделить в южной части Сибирской платформы отдельные алмазоносные области, районы и поля, для которых прогнозируются первоисточники и уровень их потенциальной рудоносности. Важное значение имеет использование типоморфных особенностей кристаллов для восстановления экзогенной истории алмазов на пути от их источников до мест современного нахождения в россыпях, что позволит получить новые сведения о направлениях сноса алмазоносного материала.

**Ключевые слова:** Тунгусская алмазоносная субпровинция, современные россыпи алмазов, Сибирская платформа.

Зинчук Николай Николаевич  
доктор геолого-минералогических наук

nnzinchuk@rambler.ru



Коптиль Василий Иванович  
кандидат геолого-минералогических наук

## Typomorphic features of diamonds as a reflection of their exogenous history

N.N.ZINCHUK, V.I.KOPTIL (West-Yakutian Scientific Centre of RS (Y) AS, Mirny)

The paper reports the results of complex investigations of typomorphic features of diamonds from placers and occurrences of Tungusskaya diamondiferous sub-province (TDS). The study allowed distinguishing individual diamondiferous areas, regions and fields in the southern part, for which types of original sources and level of their potential ore content may be forecasted. Utilization of typomorphic features of crystals is important for reconstruction of exogenous history of diamonds on the way from their sources to the places of modern location in placers. This will allow receiving new evidence about directions of diamondiferous material drift.

**Key words:** Tungusskaya diamondiferous sub-province, modern placers of diamonds, Siberian platform.

Алмазопромышленные работы на юге и юго-западе Сибирской платформы (СП) проводятся с переменным успехом и различной интенсивностью с 1930-х годов [1–17]. Однако первые алмазы на Сибирской платформе были найдены на территории Красноярского края в золотоносных россыпях бассейна р. Большой Пит на Енисейском крае ещё в конце XIX столетия, что вызвало определённый интерес к этой территории. Плановое начало поисков алмазных месторождений на территории этого древнего кратона можно связывать с реализацией теоретического прогноза алмазоносности, осуществлённого Н.М.Федоровским, В.С.Соболевым и А.П.Буровым с учётом упомянутых минералогических находок и сходства геологического строения Сибирской платформы с Южно-Африканской платформой (ЮАП). После войны в южной и юго-западной частях СП (Иркутская область и Красноярский край) были

развёрнуты широкомасштабные алмазопромышленные работы. Однако обнаружение в середине прошлого века алмазоносных кимберлитовых трубок и связанных с ними продуктивных россыпей в центральных частях кратона привело к сворачиванию поисковых работ на других площадях, из-за чего их перспективы остались нереализованными. Несмотря на слабую изученность, особых усилий по увеличению финансирования для планового изучения южной и юго-западной частей платформы пока не предпринималось, и основной объём алмазопромышленных работ сосредоточен вблизи (или на небольшом расстоянии) действующих предприятий алмазодобывающей промышленности. Необходимо напомнить, что в середине прошлого столетия Михайловской экспедицией в аллювиальных отложениях р. Тыхан (левый приток р. Нижняя Тунгуска) и её притоков была открыта алмазоносная россыпь, из которой

добыто более сотни алмазов. В 1980-х годах зафиксированы индикаторные минералы кимберлитов (ИМК) и алмазы в средне-верхнекаменноугольных углито-терригенных отложениях Тычанской и Тарыдакской (левобережье р. Подкаменная Тунгуска) алмазоносных площадей. Отложения верхнего палеозоя здесь сложно интродуцированы телами траппов, перекрыты туфами триаса и залегают на размытой поверхности глинисто-карбонатных пород среднего–верхнего кембрия или на сохранившейся на них коре выветривания (КВ). Базальные горизонты этих осадочных древних отложений продуктивны на алмазы. Данные каменноугольные осадочные толщи представлены маломощными (до 1 м) линзовидно залегающими песчано-галечными отложениями или неотсортированными песчано-глинистыми образованиями с угловатыми обломками кремней, кварцитов и подстилающих карбонатных пород, а иногда и дресвяно-щебенчатыми породами. Находящиеся в этих фациальных образованиях ближнего сноса терригенные выделения ИМК (пироп и хромит) характеризуются высокой степенью сортировки и износа, что связано с их обработкой в прибрежно-морских условиях при формировании их более древнего (возможно докембрийского) коллектора и при последующем размыве в позднем палеозое переотложены в фации ближнего сноса. Установлены [2, 6–11] ореолы рассеяния алмазов как в современных, так и верхнепалеозойских отложениях не только на Тычанской и Тарыдакской, но и Шушинской, Чадобецкой и Енисейской площадях, относящихся к Тычанскому алмазоносному району. Здесь находится Ковино-Кординская зона тектонической активизации субмеридиального простираения. В состав Тунгусской субпровинции входят также север (бассейн р. Нижняя Тунгуска) и юг (Присаянье) Иркутской области, значительно удалённые друг от друга.

Особенности проявления кимберлитового магматизма на Сибирской платформе рассмотрены во многих опубликованных работах, в том числе и с участием авторов настоящей статьи [1, 2, 7–11, 13, 17]. Согласно геологическим наблюдениям, стратиграфической принадлежности датированных в кимберлитовых трубках ксенолитов, данным радиологических определений возраста, в пределах СП выделяется четыре основных эпохи кимберлитового магматизма: докембрийская, палеозойская, мезозойская и мезо-кайнозойская [4, 6, 12, 14, 15, 17]. Позднедокембрийские глубинные высококалевые вулканы известны на северо-востоке СП, где они пространственно и генетически связаны с фанерозойскими кимберлитами и другими щелочно-ультраосновными и щелочно-основными образованиями. В фанерозойском мегацikle алмазоносного магматизма выделяются [2, 7–9, 16] ранне- и среднепалеозойский, ранне-, средне- и позднемезозойский, а также раннекайнозойский этапы. Такой широкий возрастной диапазон проявления кимберлитового магматизма, эпох

мощного корообразования, региональных перерывов в денудации и осадконакоплении на Сибирской платформе определил богатый ярусный спектр локализации продуктов разрушения алмазоносных пород в её осадочном чехле. В южной и юго-западной частях СП в качестве промежуточных осадочных коллекторов алмаза выделяются пироповые отложения баероновской, саранчетской свит, нижнечаргинской подсвиты и мурской толщи. С нижнекарбовыми прибрежно-морскими и дельтовыми отложениями этой территории связаны россыпи и алмазопоявления. Повышенные концентрации алмазов здесь отмечаются и в современном аллювии многих водотоков, размывающих докембрийские, каменноугольные и пермские толщи. Средне-верхнекаменноугольные и пермские отложения на этих площадях закартированы на восточном и юго-восточном бортах Тунгусской верхнепалеозойской синеклизы (ТВС). Исследуемая территория представляет собою южную, юго-восточную и юго-западную часть Сибирской платформы, где установлены сотни кристаллов как в современных, так и древних вторичных коллекторах верхнепалеозойского (ранне-среднекарбового) возраста.

Всесторонние исследования алмазов из всех разновозрастных коллекторов и кимберлитовых тел СП с использованием различных минералогических классификаций [3, 5, 12, 14] позволили [7–11] выработать систему анализа их типоморфных особенностей, выделить крупные ассоциации и на структурно-тектонической и формационной основах провести региональное (мелкомасштабное) районирование платформы в целом с выделением четырёх алмазоносных субпровинций (рис. 1): Центрально-Сибирской (ЦАСП), Лено-Анабарской (ЛААСП), Тунгусской (ТАСП) и Алданской (ААСП). В *Тунгусской субпровинции* по типоморфным особенностям алмазов выделены две области – Байкитская, включающая северную часть Енисейского кряжа и Байкитскую антеклизу, и южная – Саяно-Тунгусская. В *Байкитской области* детально изучены алмазы из пространственно разобщённых участков каменноугольного коллектора Тычанской (десять участков), Шушукской (один участок) и Тарыдакской (три участка) площадей. На обширной территории Тунгусской субпровинции была выделена Байкитская область с преобладанием в россыпях алмазов октаэдрического габитуса (Больше-Питский, Северо-Енисейский и Нижне-Вельминский алмазоносные районы). В дальнейшем площадь с преобладанием октаэдрических кристаллов была расширена на юго-восток, в направлении простираения Ковино-Кординской и Тарыдакской зон глубинных разломов. Заметное различие алмазов из современных и каменноугольных отложений в бассейне р. Тычана свидетельствует о множественности коренных источников в данном регионе. Кристаллы крупнее, чем индивиды большинства древних россыпей юго-запада Сибирской платформы, а

также из каменноугольных отложений Тарыдакской и Шушукской площадей. Среди них преобладают кристаллы класса  $-2+1$  мм (около 75%) при высоком ( $>25\%$ ) количестве алмазов класса  $-4+2$  мм и при единичных находках мелких индивидов класса  $-1+0,5$  мм. О крупности свидетельствует распределение по массе: на долю камней массой до 10 мг приходится лишь 25%. Преобладают (см. рисунки 2–4) ламинарные кристаллы ряда октаэдр–ромбододекаэдр (преимущественно октаэдры) при заметном ( $>25\%$ ) содержании округлых в основном с шагренью и полосами пластической деформации. Для сравнения отметим, что в россыпях системы рек Ирелях, Малая Ботуобия и Вилюй (Центрально-Сибирская алмазоносная субпровинция (ЦАСП)), на расстоянии около 300 км от трубки Мир содержание округлых алмазов уральского типа превышает 20%, что сопоставимо с данными Тычанской площади. Содержание двойников и сростков среди алмазов из Тычанского каменноугольного коллектора низкое (15%), преобладают шпинелевые двойники. Количество алмазов со скульптурами травления превышает 50%, причём доминирует ( $>40\%$ ) леденцовая скульптура. Большинство кристаллов представлено бесцветными высокопрозрачными алмазами, слабоокрашенных индивидов лишь 35%. Около 20% составляют кристаллы с зелёными пятнами пигментации. В ультрафиолетовых лучах преобладают индивиды с розово-сиреневым ( $>50\%$ ) и сине-голубым (35%) свечением. Содержание алмазов с твёрдыми включениями превышает 40%. Преобладают эпигенетические включения графита часто в ассоциации с сульфидами, кристаллов с сингенетическими включениями 6%. Большинство включений представлено минералами из ультраосновной ассоциации, но доля включений эклогитовой ассоциации (омфацит+оранжевый гранат) весома – до 40%. Степень сохранности (целостность) алмазов невысокая. Примерно в равных количествах присутствуют целые, повреждённые кристаллы и их обломки. При сравнительно невысокой целостности преобладают алмазы без трещин (около 65%). Преобладают индивиды с аллювиальными сколами, а для половины всех кристаллов характерен только механический износ выкрашивания. Для сравнения отметим, что содержание алмазов с таким механическим износом в Малоботуобинском (МБАР) и Среднемархинском (СМАР) алмазоносных районах на небольшом удалении от трубок Мир, Ботуобинская и Нюрбинская не превышает 20%.

В каменноугольных отложениях Тычанской площади [14] преобладают индивиды из кимберлитового первоисточника мирнинского типа ( $>50\%$ ), представленные кристаллами октаэдрического и переходного от него к ромбододекаэдрическому габитусов. Кроме того, присутствуют ромбододекаэдры далдыно-алакитского типа с занозистой штриховкой, додекаэдриды уральского типа, близкие к ингашиным, а также свое-

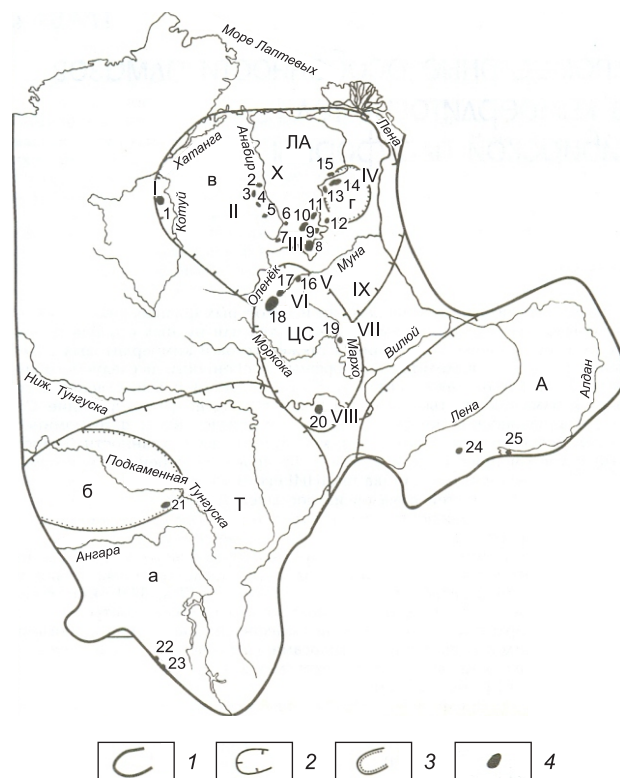


Рис. 1. Схема районирования по алмазам Сибирской алмазоносной провинции:

1–3 – границы: 1 – Сибирской алмазоносной провинции, 2 – субпровинций (ЦС – Центрально-Сибирской, ЛА – Лено-Анабарской, Т – Тунгусской, А – Алданской), 3 – областей (а – Саяно-Тунгусской, б – Байкитской, в – Анабаро-Оленёкской, г – Кютюнгинской); 4 – кимберлитовые поля: 1 – Котуй-Меймечинское, 2 – Орто-Ыаргинское, 3 – Старореченское, 4 – Ары-Мастахское, 5 – Дьюкенское, 6 – Лучаканское, 7 – Куранахское, 8 – Чомурдахское, 9 – Огонер-Юряхское, 10 – Западно-Укуитское, 11 – Восточно-Укуитское, 12 – Верхнемоторчунское, 13 – Мерчимденское, 14 – Верхнемолодинское, 15 – Куойкское, 16 – Верхнемунское, 17 – Далдынское, 18 – Алакит-Мархинское, 19 – Накынское, 20 – Мирнинское, 21 – Чадобецкое, 22, 23 – Ингашино, 24 – Верхнеалданское, 25 – Ингилийское; алмазоносные районы: I – Котуй-Меймечинский, II – Куонапский, III – Среднеолёнский, IV – Нижнеолёнский, V – Верхнемунский, VI – Далдыно-Алакитский, VII – Среднемархинский, VIII – Малоботуобинский, IX – Моркокинский, X – Анабарский

образные равномерно окрашенные в жёлтый цвет октаэдриды II разновидности, аналогичные этой группе алмазов Дьюкунахского района ЦАСП. Следовательно, по совокупности типовых признаков и спектру кристаллов отдельных морфогенетических групп (разновидности, габитус и морфологические типы) алмазы из каменноугольного коллектора Тычанской площади и Байкитской области не имеют аналогов

среди таковых из известных кимберлитовых тел и россыпей Сибирской платформы, что предполагает их собственные продуктивные коренные источники среднепалеозойского возраста. Для них характерна множественность первоисточников (вероятно, порядка 3–4), которыми могут быть несколько кимберлитовых трубок или, возможно, кимберлитовых полей двух эпох магматизма (среднепалеозойская и докембрийская). Выделяются группы алмазов (не исключена возможность смешивания индивидов из нескольких кимберлитовых полей) с преобладанием кристаллов октаэдрического габитуса (>50%), являющихся типоморфным признаком богатых кимберлитовых трубок мирнинского типа, и подчинённой ролью других алмазов, часть из которых встречается только в этом регионе. Материалы комплексного исследования алмазов Саяно-Тунгусской области менее информативны. К настоящему времени имеются [7–9] результаты исследований алмазов из Присянской области (Чуно-Бирюсинский и Ковинский алмазоносные районы), а также 48 кристаллов из Тунгусской площади (Верхне-Катангский, Таймура-Чуньский и Нижне-Тунгусский алмазоносные районы). Алмазы Саяно-Тунгусской области [7] характеризуются сравнительно небольшим размером (5–10 мг, в среднем 9,4 мг). Превалируют кристаллы класса  $-2+1$  мм при сравнительно небольших, примерно равных количествах классов  $-4+2$  мм и  $-1+0,5$  мм (5–10%) и единичных находках более крупных индивидов класса  $-8+4$  мм. Типичны округлые алмазы уральского типа (>50%), при заметном содержании поликристаллических образований типа баллас (до 10%). На долю кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов приходится лишь 25%. Содержание двойников и сростков не более 15%. Много кристаллов с леденцовой скульптурой (до 50%) при высоком содержании индивидов с кавернами, матировкой и коррозией до 20%. Подавляющее большинство алмазов обладает высокой степенью прозрачности, а доля окрашенных камней не превышает 35%. Более 20% индивидов имеют зелёные и бурые пятна пигментации радиационного происхождения, половину из которых составляют бурые, что на 2–3 порядка выше значений для алмазов из россыпей других районов Сибирской платформы [8]. Практически все изученные кристаллы с бурыми пятнами пигментации представлены округлыми алмазами уральского типа. Зелёные пятна пигментации немного реже встречаются на додекаэдроидов с шагренью и полосами пластической деформации. Содержание алмазов с признаками ожелезнения составляет 20%, что в 2–3 раза ниже, чем в мезозойских и кайнозойских россыпях северо-востока Сибирской платформы, и на два порядка выше, чем в верхнепалеозойских коллекторах Малоботубинского алмазоносного района (ботубинская свита), Приленского (нучча-юрэгинская свита) и Тычанского (тычанская свита) районов. Среди алмазов

Южно-Тунгусской области (бассейн р. Нижняя Тунгуска) преобладают кристаллы с сине-голубой фотолюминесценцией при близких содержаниях индивидов с зелёным (20%) и розово-сиреневым (17%) свечением. В этом они напоминают алмазы из нижнекаменноугольных и современных отложений Кютюндинской области и её юго-западного и северо-восточного обрамлений. Содержание твёрдых включений в алмазах около 25%, в том числе сингенетических 6%, причём среди последних высокая (20%) доля включений эклогитовой ассоциации (оранжевый гранат). Нечто подобное отмечено для алмазов из россыпей северо-востока Сибирской платформы. По степени сохранности (целостности) преобладают (более половины) целые и в незначительной степени повреждённые индивиды при примерно равных соотношениях (до 20%) обломанных кристаллов и обломков. Вместе с тем, более 75% всех алмазов не имеют трещин при значительном (>17%) содержании кристаллов с механическим износом выкрашивания и 4% индивидов с серповидными трещинами и ромбическим узором, причём последняя цифра максимальна для россыпей СП. Отсутствуют алмазы с механическим износом истирания, характерным для россыпей северо-востока Сибирской платформы. Приведённые данные свидетельствуют о неоднократных перемыве и переотложении алмазов, обусловивших естественную сортировку и значительную удалённость от первоисточников.

Отмечена тесная корреляционная связь кристалло-морфологических особенностей алмазов описываемой территории с их прозрачностью, окраской, фотолюминесценцией, оптически активными центрами и другими особенностями [8]. Так, для кристаллов ряда октаэдр–ромбододекаэдр характерны: высокая степень прозрачности, низкая концентрация окрашенных индивидов, сине-голубая фотолюминесценция, а также преобладание кристаллов с центром N3. Для скрыто-слоистых округлых алмазов уральского (бразильского) типа присущи также высокая степень прозрачности, практическое отсутствие дымчато-коричневых кристаллов при наличии индивидов с соломенно-жёлтой окраской, леденцовая скульптура на рёбрах, сине-голубая и розово-сиреневая фотолюминесценция, преобладание кристаллов с центром N3. Для додекаэдроидов с шагренью характерны лилово-коричневая окраска, полосы пластической деформации, жёлто-зелёная фотолюминесценция, преобладание кристаллов с центрами N3, N4 и другие особенности. Содержание двойников и сростков низкое и не превышает 10%, преобладают двойники по шпинелевому закону. Характерной особенностью изученных алмазов является высокое (до 65%) количество кристаллов с признаками природного травления (преимущественно леденцовая скульптура в виде оплавления рёбер). Отмечено, что ~20% алмазов с кавернами, коррозией и матировкой; шрамы (каналы травления), в отличие от россыпей северо-



Рис. 2. Алмазы из древних отложений Тунгусской алмазоносной субпровинции

востока Сибирской платформы, для кристаллов этой территории не характерны. Степень прозрачности алмазов очень высокая – преобладают весьма прозрачные и прозрачные, причём окрашенных и дымчато-коричневых кристаллов иногда больше 35%. Доминируют лилово-коричневая и дымчато-коричневая окраски (обычно слабой интенсивности). Количество кристаллов с соломенно-жёлтой окраской редко превышает 3%. Характерная особенность алмазов из древних осадочных толщ описываемой территории – заметное (>13%) содержание кристаллов с зелёными пятнами пигментации, а также окраской цвета морской волны и позеленением по трещинам, возникающим вследствие радиоактивного облучения обычно в терригенных алмазоносных формациях древнего возраста [6, 15]. Именно для этой группы алмазов установлено [9] присутствие центров GR1 и ND1. Такого рода окраской изученные алмазы близки к кристаллам из россыпей Урала и свиты витваттерсранд (ЮАР) докембрийского возраста. Отмечено существенное (>8%) количество кристаллов с бурыми пятнами пигментации, возникновение которых связано с отжигом зелёных пятен при высокотемпературном метаморфизме (при  $T > 550^\circ\text{C}$ ). Концентрация такого рода алмазов в древних осадочных толщах Тунгусской алмазоносной субпровинции более чем на два порядка превышает их количество в россыпях северо-востока Сибирской платформы, но близкое к таковому в древних терригенных алмазоносных формациях мира (Урал, ЮАР, Бразилия и др.). Для подобного типа алмазов также отмечены центры GR1 и ND1. Количество ожелезнённых алмазов не превышает 20%, что заметно ниже по сравнению со многими россыпями центра и северо-востока СП. Преобладают (>50%) алмазы с сине-голубой фотолуминесценцией при заметных количествах индивидов с зелёным и розово-

сиреневым свечением (20 и 17%, соответственно), а также жёлтой (около 10%) фотолуминесценцией.

Для алмазов *Присянья* (Чуно-Бирюсинский район) характерна повышенная крупность, при высокой средней массе кристаллов (39,0 мг), что близко к средней массе из россыпей Урала, имеющих сложную экзогенную историю [3]. Среди изученных кристаллов резко (97,9%) преобладают бесцветные иногда эпигенетически окрашенные в дымчато-коричневые (из-за пластической деформации), а также в зелёные и жёлто-бурые (из-за пигментации радиационного происхождения) цвета алмазы I разновидности различной морфологии. Встречены единичные равномерно окрашенные в янтарно-жёлтый цвет кубы II разновидности, бесцветные полубалласы VI разновидности и серо-стальные карбонадо бразильского типа X разновидности [2, 11]. По своим кристалломорфологическим особенностям среди кристаллов I разновидности преобладают (48,9%) типичные округлые алмазы уральского (бразильского) типа, в основном додекаэдриды, реже (4,8%) октаэдриды. Следует отметить довольно высокое (22,1%) содержание кристаллов октаэдрического габитуса в основном со сноповидной штриховкой (7,6%) и полицентрически растущими гранями (7,6%), а также плоскогранных острорёберных октаэдров (3,4%). При сравнительно невысоком содержании кристаллов переходной формы (7,6%) и ламинарных ромбододекаэдров (9,6%) обращает на себя внимание преобладание гладкогранных скрытослоистых округлых алмазов (в сумме 31%) над додекаэдридами с шагренью и полосами пластической деформации (17,9%). Для алмазов характерно низкое (12,1%) содержание двойников и высокое (70,4%) кристаллов с признаками природного травления, представленных преимущественно леденцовой скульптурой в виде сглаживания (оплавления) вершин, рёбер и гранных швов кристаллов. Алмазам свойственна высокая степень прозрачности и значительное (42,1%) содержание окрашенных камней в основном за счёт приповерхностной бледно-зелёной окраски цвета морской волны радиационного происхождения (16,6%), которое снимается при их огранке в бриллианты. Общее содержание индивидов с признаками слабого ожелезнения очень низкое и составляет 5,5%. Особенностью изученных алмазов является максимальное количество пигментированных камней с зелёными и особенно бурыми пятнами, что является [6] типоморфным признаком кристаллов из терригенных алмазоносных формаций мира докембрийского возраста. Количество таких кристаллов составляет более одной трети изученной выборки (то есть 34,4% от общего количества индивидов), причём в 25,5% из них преобладают зелёные пятна пигментации, а в 3,4% позеленение по трещинам радиационного происхождения.

По степени распространённости первое место на Сибирской платформе наряду с бассейном р. Нижняя Тунгуска (8,1%) занимают алмазы с бурыми пятнами

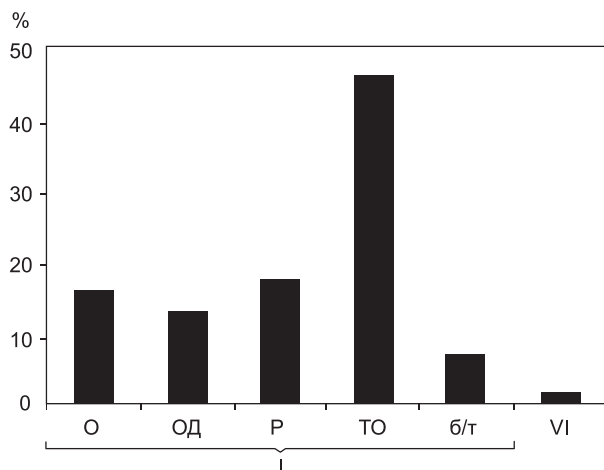


**Рис. 3. Типоморфные особенности алмазов из отложений Тунгусской алмазоносной субпровинции:**

I, VI – разновидности алмазов, по Ю.Л. Орлову (О – октаэдры, ОД – переходные формы, Р – ламинарные ромбододекаэдры, ТО – сумма типично округлых алмазов, б/т – осколки)

пигментации (4,1%), а также комбинацией буро-зелёных (1,4%). Хотя их суммарное содержание, подверженное метаморфогенному отжигу при  $T$  550–600°C, в Присаянье составляет 8,6% (пятна бурые, буро-зелёные и жёлто-бурые, окраска радиационного происхождения). Это близко к кристаллам бассейна р. Нижняя Тунгуска.

Следует отметить, что суммарное содержание алмазов с окраской цвета морской волны, зелёными пятнами пигментации и позеленения по трещинам составляет 42,1% – максимальное на СП [3], – что сближает их с терригенными докембрийскими алмазоносными формациями мира [14], бассейном р. Нижняя Тунгуска [8, 10], рядом россыпей Урала [9] и Среднего Тимана [16]. Это, по мнению авторов данной статьи, свидетельствует о существовании в районе Присаянья высокотемпературных интрузивов основного состава (дайки, штоки и др.), внедрение которых привело к региональному метаморфизму алмазоносных древних вторичных коллекторов. Для алмазов свойственно низкое (25,6%) содержание кристаллов с твёрдыми включениями при высоком (7,7%) количестве сингенетических включений, среди которых доминируют включения эклогитовой ассоциации. Алмазы характеризуются высокой степенью сохранности (целостностью) и низкой степенью трещиноватости при значительном (22,7%) содержании кристаллов с механическим износом, среди которых много камней с ромбическим узором трещин (7,6%). Следует отметить, что среди изученных алмазов полностью отсутствует механический износ истирания, преобладающий (10–45%) в разновозрастных россыпях северо-востока Сибирской платформы. В При-

саянье преобладают целые высокопрозрачные бесцветные кристаллы, высокое качество которых приближается к таковым из россыпей Урала в сопоставимых классах крупности. Это позволяет (по аналогии с Уралом) предположить, что россыпи Присаянья могут оказаться рентабельными для эксплуатации даже при убогих содержаниях алмазов (в пределах 0,03–0,05 кар/м³). Типоморфными особенностями алмазов Присаянья являются: повышенная крупность кристаллов при средней массе 39 мг; резкое преобладание типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа (додекаэдрониды, реже октаэдрониды) при единичных находках жёлтых кубов II разновидности, бесцветных балласов VI разновидности и чёрных карбонадо бразильского типа X разновидности; низкое содержание двойников и сростков; высокое содержание кристаллов с леденцовой скульптурой, реже своеобразными кавернами без штриховки на днище и тригонтриоктаэдронидов растворения; очень высокая степень прозрачности; невысокое содержание алмазов с лилово-коричневой окраской при преобладании кристаллов с эпигенетической поверхностной окраской цвета морской волны, зелёными и бурыми пятнами пигментации радиационного происхождения с их последующим отжигом при  $T > 550^\circ\text{C}$  во вторичном коллекторе; низкое содержание индивидов с сингенетическими графит-сульфидными включениями и при высоком содержании сингенетических включений преимущественно эклогитового парагенезиса; высокая степень сохранности (целостность) и низкая степень трещиноватости, а также высокое содержание кристаллов со своеобразным механическим износом (выкрашивание, фигуры удара и ромбический узор трещин) при полном отсутствии износа истирания; высокое качество алмазного сырья. Не исключено, что такого рода износ объясняется своеобразием плотика, сложенного высокопрочными породами докембрийского возраста (кварциты, гнейсы, кристаллические сланцы и др.). В целом по своим типоморфным особенностям изученные алмазы близки к кристаллам из россыпей бассейна р. Нижняя Тунгуска, что, по мнению авторов [7–9], может свидетельствовать о генеральном направлении сноса с юго-запада (Присаянье) на северо-восток в пределах Иркутского амфитеатра начиная с протерозоя. Судя по присутствию балласов в россыпях бассейна р. Нижняя Тунгуска, карбонадо в бассейне верхнего течения р. Виллой и балласов тунгусского типа в СМАР, типичных округлых алмазов и тригонтриоктаэдров I разновидности, снос мог достигать зоны сочленения Тунгусской синеклизы и Анабарской антеклизы (междуречье рек Марха и Тюннг). По ряду типоморфных особенностей изученные алмазы близки к россыпям Урала и Среднего Тимана. Однако в отличие от них, характеризуются более высоким (не менее чем в 3–5 раз) содержанием ламинарных кристаллов ряда октаэдр–ромбододекаэдр (преимущественно октаэдров), что свиде-

тельствует о полигенезе их коренных источников (не менее двух полей докембрийской фазы и одного для фанерозойской фазы магматизма). Аналогичный спектр алмазов с близкими типоморфными особенностями отсутствует как в кимберлитовых телах, так и россыпях центральной и северо-восточной частей Сибирской платформы. Подобного рода кристаллы также характерны для сопредельных с севером Иркутской области территорий Красноярского края (Верхне-Катангский, Нижне-Тунгусский и Таймура-Чульский алмазоносные районы).

Для изученных алмазов этой территории типично существенное (>25%) количество кристаллов с твёрдыми включениями, среди которых доминируют (17%) эпигенетические графит-сульфидные выделения в виде розеток, ухудшающих качество алмазного сырья. Концентрация твёрдых сингенетических включений в алмазах региона достаточно высокая по сравнению с большинством известных россыпей Сибирской платформы (а также Урала и Тимана) и составляет примерно 8% от общего количества изученных кристаллов. Больше половины приходится на включения эклогитовой ассоциации, среди которых диагностированы гранаты оранжевого цвета пироп-альмандинового состава, а также омфацит бледно-зелёного цвета. Отдельные бесцветные включения кубооктаэдрического габитуса условно отнесены к оливину, а некоторые зёрна смоляно-чёрного цвета с красноватым оттенком по краям октаэдрического габитуса отнесены к хромшпинелиду. Преобладают [4, 8] включения эклогитового генезиса с облегчённым изотопным составом ( $\delta^{13}\text{C} = -10\text{--}20\text{‰}$ ) углерода. По этим показателям алмазы различных классов крупности практически не различаются, что свидетельствует, в отличие от кристаллов из Тычанского карбонового коллектора Красноярского края, о происхождении их из одного типа первоисточника. Редки (~1%) эпигенетические включения сульфидов гидротермального генезиса. Это подчёркивает незначительную сульфидизацию древних вторичных коллекторов Присяня. Изученные алмазы отличается очень низкая степень трещиноватости (~10%), причём присутствуют только единичные глубокие трещины и не встречено поверхностных, что может свидетельствовать о сложной истории кристаллов, их неоднократном перемыве и переотложении во вторичных коллекторах различного возраста и генезиса начиная от докембрийского возраста, в процессе которого были уничтожены все дефектные камни и резко улучшилась степень их сохранности (целостность). В отличие от степени сохранности (целостности) алмазов их трещиноватость является низкой независимо от крупности. Среди изученных алмазов Присяня преобладают целые высокопрозрачные бесцветные кристаллы, их высокое качество приближается [8] к таковому из россыпей Урала в сопоставимых классах крупности. Это позволяет (по аналогии с Уралом) предположить,

что россыпи Присяня могут оказаться рентабельными для эксплуатации даже при убогих концентрациях алмазов (в пределах 0,03–0,05 кар/м<sup>3</sup>). Результаты комплексного минералогического исследования алмазов Саяно-Тунгусской алмазоносной области свидетельствуют о множественности их коренных первоисточников, которых может быть не менее трёх [7–9]. К первому относится значительное (~30%) содержание кристаллов октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов I разновидности, характерных для богатых кимберлитовых тел I типа первоисточников фанерозойского возраста, что более чем в пять раз выше по сравнению с россыпями Урала и в 12 раз выше по сравнению с россыпями Среднего Тимана. Вместе с тем среди них преобладают (>50%) округлые алмазы уральского (бразильского) типа I разновидности II типа первоисточника, характерного для кимберлитовых тел с убогой алмазоносностью и кимберлитовых жил [8]. В ассоциации с ними встречаются такие типоморфные признаки алмазов формаций докембрийского возраста, как балласты VI разновидности и карбонадо X разновидности, для которых предполагается некимберлитовый генезис [9]. Следует также отметить и присутствие среди алмазов Присяня жёлто-оранжевых кубоидов II разновидности, близких [7] по своим типоморфным особенностям к алмазам метаморфического генезиса кумдыкольского типа (первоисточник третьего типа).

Таким образом, проведённый анализ типоморфных особенностей алмазов Байкитской и Саяно-Тунгусской областей ТАСП подтверждает их различие, что предполагает неодинаковую роль коренных источников отдельных эпох кимберлитового магматизма в формировании алмазоносных отложений. Для поисков богатых коренных источников алмазов среднепалеозойского возраста наиболее благоприятна территория Байкитской области. Судя по опосредованности Саяно-Тунгусской области, максимальное влияние на формирование здесь россыпей алмазов оказала докембрийская фаза кимберлитового магматизма в Присяне и других подобных структурах южного обрамления Сибирской платформы, откуда кристаллы сносились в Иркутский амфитеатр. Возможные коренные источники среднего палеозоя и мезозоя были убогоалмазоносны и не оказали заметного влияния на россыпную алмазоносность региона. Всё это соответствует мнению о приуроченности областей распространения округлых алмазов к полям развития докембрийских терригенных формаций мира. Результаты комплексного исследования типоморфных особенностей алмазов из россыпей ТАСП позволили выделять в южной, юго-западной и юго-восточной частях Сибирской платформы отдельные алмазоносные области, районы и поля, для которых можно прогнозировать тип первоисточников, уровень их потенциальной рудоносности, а также

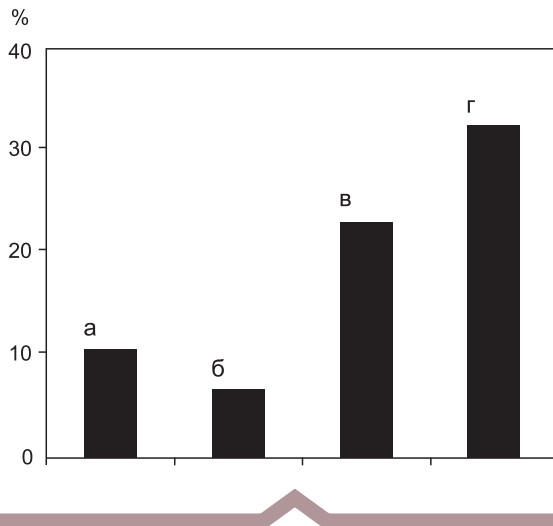


**Рис. 4. Некоторые типоморфные особенности алмазов Тунгусской субпровинции:**

а – двойники и сростки, б – двойники, в – окрашенные алмазы, г – алмазы с твёрдыми включениями

качество алмазного сырья. В пределах юго-западной части СП с преобладанием типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа, характерных также для россыпей Урала и северо-востока платформы (то есть её краевых частей), а также докембрийских терригенных алмазоносных формаций мира, могут выделяться локальные участки, для которых предполагается множественность первоисточников при заметном преобладании кристаллов ассоциации мирнинского типа, возраст коренных источников которых в МБАР установлен как верхний девон–нижний карбон, что позволяет прогнозировать нахождение в данном регионе ещё неоткрытых коренных источников среднепалеозойского и более древнего возрастов. Типоморфные особенности алмазов Тарыдакского ореола карбонового возраста не позволяют заявлять о непосредственной близости на этой территории коренных источников, что подтверждается гранулометрией, степенью сохранности и механическим износом алмазов, не характерных для ореолов ближнего сноса. Аналогичные свойства алмазов Шушукского каменноугольного ореола свидетельствуют о региональном распространении мелких кристаллов октаэдрического габитуса в пределах юго-западного и северо-восточного бортов ТАС, что отличает данный регион от севера Иркутской области и Присяянья. К типоморфным особенностям алмазов Присяянья относятся: повышенная крупность кристаллов; резкое преобладание типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа (додекаэдры, реже октаэдриды) при единичных находках жёлтых кубов II, бесцветных балласов VI и чёрных карбонадо бразильского типа X разновидности; низкое содер-

жание двойников и сростков; высокое содержание кристаллов с леденцовой скульптурой, реже своеобразными кавернами без штриховки на днище и тригонтриоктаэдридов растворения; высокая степень прозрачности и невысокое количество алмазов с лилово-коричневой окраской при преобладании кристаллов с эпигенетической поверхностной окраской цвета морской волны, зелёными и бурыми пятнами пигментации при отжиге ( $T\ 550^{\circ}\text{C}$ ) во вторичном коллекторе; низкое содержание индивидов с сингенетическими графит-сульфидными включениями и при высокой роли сингенетических включений преимущественно эклогитового парагенезиса; высокое количество кристаллов со своеобразным механическим износом (выкрашивание, фигуры удара и ромбический узор трещин) при полном отсутствии износа истирания, а также высокое качество сырья. Не исключено, что такого рода износ объясняется своеобразием плотика, сложенного высокопрочными породами докембрийского возраста (кварциты, гнейсы, кристаллические сланцы и др.). В целом по своим типоморфным особенностям изученные алмазы близки к кристаллам из бассейна р. Нижняя Тунгуска, что может свидетельствовать о генеральном направлении сноса с юго-запада (Присяянье) на северо-восток в пределы Иркутского амфитеатра начиная с протерозоя. Судя по присутствию балласов в россыпях бассейна р. Нижняя Тунгуска и в СМАР, карбонадо в бассейне верхнего течения р. Вилюй и типичных округлых алмазов и тригонтриоктаэдров I разновидности, снос алмазного материала мог достигать зоны сочленения Тунгусской синеклизы и Анабарской антеклизы. Рядом типоморфных особенностей алмазы описываемой территории близки к минералам из россыпей Урала и Среднего Тимана [7, 8, 14, 16], но в отличие от последних характеризуются более высокой (не менее чем в 3–5 раз) ролью ламинарных кристаллов ряда октаэдр–ромбододекаэдр, что свидетельствует о полигенезе их коренных источников (не менее двух полей докембрийской и одного из фанерозойской фазы магматизма). Такие кристаллы характерны и для сопредельных с севером Иркутской области территорий Красноярского края (Верхнекатангский, Нижнетунгусский и Таймура-Чуеньский алмазоносный районы).

Результаты комплексного минералогического исследования алмазов из древних россыпей и проявлений ТАСП и их сравнение с кристаллами из других субпровинций и полей Сибирской платформы показали, что первые характеризуются определённым комплексом типоморфных особенностей и набором минералогических ассоциаций. Протяжённость древних россыпей в ТАСП, сформированных преимущественно за счёт размыва и переотложения разновозрастных ещё более древних (в том числе и докембрийских) вторичных коллекторов, которые обычно выходят за пределы алмазоносного района, может превышать сотни километров. Их алмазоносность заметно снижается

вниз по течению водотоков I порядка. Среди алмазов в этих россыпях значительную долю составляют округлые алмазы уральского (бразильского) типа, практически отсутствующие в высокопродуктивных кимберлитовых телах МБАР и СМАР в ассоциации с жёлто-оранжевыми кубоидами II разновидности и баллассами VI разновидности (тунгусского и уральского типов), часть из которых с признаками травления, не характерными для кристаллов из трубок среднепалеозойского возраста, а также механического износа. Следует отметить полигенность минералогических ассоциаций алмазов из древних россыпей ТАСП в пределах отдельных алмазоносных районов с широким проявлением россыпной алмазоносности, достигающей повышенных концентраций вместе с алмазопоявлениями карбонового возраста (Тычанский, Тарыдакский и Шушукский ореолы). Локальный прогноз их коренных источников возможен при более крупномасштабных исследованиях с использованием электронной базы данных покристалльного минералогического изучения алмазов с детальными исследованиями по смежным направлениям с обязательным привлечением и анализом всех имеющихся геологических материалов по этим территориям, что определяет стратегию ведения алмазопроисловых работ в регионе. Комплекс особенностей алмазов из россыпей ТАСП по морфологии, окраске, твёрдым включениям, внутреннему строению, фотолюминесценции, примесному составу свидетельствует о множественности первоисточников и наличии в пределах района ещё не открытых кимберлитовых тел. Среди них могут быть месторождения с высоким содержанием алмазов. Отмечено существование регионального минералогического фона типичных округлых алмазов в древних россыпях, который не затухивается даже при наложении на него алмазов из высокоалмазоносных карбоновых коллекторов и россыпей, имеющих совпадающие с ними по площади россыпные ореолы докембрийского и позднепалеозойского возраста в ТАСП. Важное значение имеет использование типоморфных особенностей кристаллов для восстановления экзогенной истории алмазов на пути от коренных источников до мест их нахождения в россыпях, для палеографических реконструкций распространения древних продуктивных отложений и выяснения направлений сноса алмазоносного материала. Проведённое на примере Тунгусской алмазоносной субпровинции Сибирской платформы минералогическое районирование территории россыпной алмазоносности по типоморфным особенностям алмазов показывает возможности проведения локализации перспективных площадей и поиска коренных источников этого минерала, являющегося значительно более устойчивым в экзогенных условиях по сравнению с другими мантийными образованиями. По подобным признакам поискового прогнозирования возможно обнаружение высокоалмазо-

носных кимберлитовых тел в Байkitской области ТАСП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Атлас морфологии алмазов России* / В.П.Афанасьев, Э.С.Ефимова, Н.Н.Зинчук, В.И.Коптиль. – Новосибирск: СО РАН НИЦ ОИГТМ, 2000.
2. *Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П.* Поисковая минералогия алмаза. – Новосибирск: Гео, 2010.
3. *Бартошинский З.В.* Минералогическая классификация природных алмазов // Минералогический журнал. 1983. Т. 5. № 5. С. 84–93.
4. *Галимов Э.М.* Вариации изотопного состава алмазов и связь их с условиями алмазообразования // Геохимия. 1984. № 8. С. 1091–1117.
5. *Гневушев М.А., Бартошинский З.В.* К морфологии якутских алмазов // Тр. ЯФ СО АН СССР. Сер. геол. 1959. Вып. 4. С. 74–92.
6. *Докембрийские алмазоносные формации Мира* / М.П.Метелкина, Б.И.Прокопчук, О.В.Суходольская, Е.В.Францессон. – М.: Недра, 1976.
7. *Зинчук Н.Н., Коптиль В.И.* Алмазы Тунгусской алмазоносной субпровинции Сибирской платформы. Ст. 1. Алмазы Байkitской области // Бюллетень МОИП. Отд. геол. 2002. Т. 77. Вып. 6. С. 63–77.
8. *Зинчук Н.Н., Коптиль В.И.* Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. – М.: Недра, 2003.
9. *Зинчук Н.Н., Коптиль В.И.* Характеристика алмазов Тунгусской алмазоносной субпровинции Сибирской платформы. Ст. 2. Южно-Тунгусская область // Бюллетень МОИП. Отд. геол. 2003. Т. 78. Вып. 1. С. 54–65.
10. *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.
11. *Зинчук Н.Н., Коптиль В.И., Борис Е.И.* Среднемасштабное районирование территории Центрально-Сибирской алмазоносной субпровинции по типоморфным особенностям алмазов // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. – Воронеж: ВГУ, 2001. С. 337–357.
12. *Методическое руководство по комплексному исследованию типоморфных свойств алмазов при локальном прогнозировании и поисках коренных месторождений алмазов* / Ф.В.Каминский, З.В.Бартошинский, Г.К.Блинова и др. – М.: ЦНИГРИ, 1988.
13. *О перспективах алмазоносности юго-западного фланга Тунгусской синеклизы* / В.П.Афанасьев, В.Л.Гриффин, Л.М.Натапов и др. // Геология рудных месторождений. 2005. Т. 47. № 1. С. 51–69.
14. *Орлов Ю.Л.* Минералогия алмаза. 2-е изд. – М.: Наука, 1984.
15. *Прокопчук Б.И.* Зональность размещения алмазных россыпей на древних платформах // Минеральные месторождения. – М.: Наука, 1976. С. 186–196.
16. *Россыпи алмазов России* / С.А.Граханов, В.И.Шаталов, В.А.Штыров и др. – Новосибирск: Гео, 2007.
17. *Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И.* Геолого-генетические основы шлихо-минералогического метода поисков алмазных месторождений. – М.: Недра, 1998.