

## Особенности алмазов из древних осадочных толщ на площадях влияния кристаллических массивов

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

Дана характеристика алмазов верхнепалеозойских и мезозойских осадочных толщ Сибирской платформы на основе обобщения огромного фактического материала по комплексу их изучению. Особое внимание уделено Лено-Анабарской алмазоносной субпровинции, где показано, что область развития отдельных макроассоциаций алмаза ограничивается конкретным алмазоносным районом, в пределах которого развиты комплексы разновозрастных терригенных и прибрежно-морских верхнепалеозойских и мезозойских отложений, и рядом находится Анабарский кристаллический массив. Отмечена полигенность минералогических ассоциаций алмазов из разновозрастных россыпей в пределах отдельных алмазоносных районов, что можно успешно использовать при прогнозировании и поисках коренных источников минерала.

*Ключевые слова:* верхнепалеозойские и мезозойские отложения, Сибирская платформа, алмаз и алмазоносные россыпи.

Зинчук Николай Николаевич  
доктор геолого-минералогических наук

nnzinchuk@rambler.ru

Коптиль Василий Иванович  
кандидат геолого-минералогических наук



nnzinchuk@rambler.ru

## Specific features of diamonds from ancient sedimentary thick layers within crystalline massif influence areas

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

Based on generalization of large actual material on complex investigation of diamonds, their characteristic in Upper Paleozoic and Mesozoic sedimentary thick layers of the Siberian platform is provided. Special attention is paid to the Central-Siberian sub-province; there, the development area of individual diamond macro-associations is limited by a specific diamondiferous region where complexes of noncoeval terrigenous and coastal Upper Paleozoic and Mesozoic sediments are developed. Polygeny of mineralogical associations of diamonds from noncoeval placers within some diamondiferous regions was noted, which may be successfully used when forecasting and prospecting for primary mineral sources.

*Key words:* Upper Paleozoic and Mesozoic sediments, Siberian platform, diamond and diamondiferous placers.

Проблема россыпной алмазоносности включает два неразрывно связанных аспекта – геологический и минералогический [1–3, 15]. Россыпи алмазов широко распространены на территории древних платформ в разновозрастных отложениях (от докембрия до современных) в различных фациях (континентальных и прибрежно-морских) и располагаются как на окраинах, так и во внутренних частях кра-

тонов. В минералогическом плане также выделяется два основных типа россыпей (континентальный и прибрежно-морской), различающихся по вещественному составу, вызванному условиями образования. Россыпи континентального (аллювиального или делювиально-пролювиального) типа формируются за счёт размыва коренных источников (кимберлитов, лампроитов или метаморфогенных образований)

и пространственно с ними связаны. Коренной источник при этом должен обеспечить достаточное для образования россыпи количество алмазов, для чего необходимо оптимальное сочетание трёх факторов: содержания алмазов в породах, размеров коренного источника и величины эрозионного среза конкретной территории [3, 8–12]. Низкоалмазоносные (хотя и большие по размерам) и высокоалмазоносные (но очень малые) тела обычно россыпей не образуют. Сравнительно редко образуются россыпи алмазов, что объясняется небольшим эрозионным срезом верхних частей диатрем (типа Далдыно-Алакитского алмазоносного района – ДААР). В отличие от этого активное россыпеобразование характерно для Мало-ботуобинского района (МБАР) Сибирской платформы (СП) со значительным (до 400 м) эрозионным срезом. Россыпи прибрежно-морского типа формируются за счёт материала, сносимого с суши (обычно из множественных коренных источников), который накапливается в береговой зоне конечного бассейна стока. При образовании россыпей этого типа совсем не обязательно наличие в качестве коренных источников высокопродуктивных диатрем, поскольку они могут формироваться за счёт большого количества мелких и слабоалмазоносных объектов. Расположение таких россыпей определяется местонахождением береговой линии и не всегда зависит от удалённости коренных источников. В зоне действия морских волн индикаторные минералы кимберлитов (ИМК) и алмазы подвергаются значительным изменениям. За счёт постоянного взмучивания под действием волн минералы получают возможность максимально реализовывать свои гидравлические свойства. Под воздействием таких процессов ассоциация минералов разделяется по гранулометрии и плотности, в результате чего более тяжёлые (пикроильменит) и крупные минералы осаждаются в верхней части пляжа, более тонкие и лёгкие сносятся ниже, до зоны гидравлического равновесия [2, 9, 12]. Если при этом пироп и алмаз достигают предельной степени окатывания, микроильменит может полностью уничтожиться. Россыпи данного типа обычно вытянуты вдоль береговой линии бассейна и обладают чёткой поперечной высокоградиальной зональностью. Однако древние прибрежно-морские россыпи в большинстве случаев распространены на обширных площадях, практически безградиентны и имеют почти однообразный алмаз-пироповый состав минеральных ассоциаций с незначительной примесью других ИМК. Такие россыпи характерны для Приленья, Кютюнгинского грабена и других участков северо-востока Сибирской платформы. Их формирование можно представить как следы древней трансгрессии, в процессе которой перерабатывался

морскими волнами сносимый с суши материал (в том числе и алмазоносный).

Всесторонние комплексные исследования алмазов *Лено-Анабарской алмазоносной субпровинции* (ЛААСП) Сибирской платформы с использованием различных минералогических классификаций позволили авторам [1–7, 13–17] выработать систему анализа их типоморфных особенностей, и на этой основе провести минерагеническое районирование платформы в целом с выделением типов первоисточников алмазов, ответив тем самым на вопрос: можно ли ожидать открытия высокоалмазоносных кимберлитов на севере и северо-востоке платформы (включая Анабарский и Кютюнгинский алмазоносные районы). Следует отметить, что при изучении типоморфных особенностей алмазов авторы [9–12] использовали их минералогическую классификацию по комплексу взаимосвязанных признаков и свойств, предложенную Ю.Л.Орловым [16], которая в значительной степени базируется на физических свойствах алмазов [4–7]. Согласно этой классификации, выделяются 11 генетических разновидностей алмазов с дополнительным разделением по габитусу и морфологическим типам, отражающим специфику условий их образования (формы роста, растворения и коррозии). ЛААСП охватывает северо-восточную часть Сибирской платформы и совпадает с полем развития докембрийских и главным образом нижнепалеозойских пород Анабарской антеклизы и Оленёкского поднятия, обрамлённых выходами пермских, триасовых, юрских и меловых отложений. *Анабарский алмазоносный район* (ААР) включает (см. рисунки 1 и 2) Эбеляхскую алмазоносную площадь (с Нижне- и Верхне-Эбеляхским россыпными полями) и прилегающие территории. Эбеляхская площадь характеризуется максимальными масштабами россыпной алмазоносности на СП [9], что объясняется сочетанием многих благоприятных факторов россыпеобразования. К югу от этого региона наиболее древним вторичным коллектором являются (см. рисунки 3 и 4) верхнетриасовые отложения Нижне-Ленского алмазоносного района [12]. Для алмазов характерно высокое (31,7%) содержание двойников, сростков и кристаллов с признаками природного травления (67,4%). Алмазы в основном прозрачные при значительном (42,0%) содержании окрашенных камней и относительно невысоком количестве ожелезненных индивидов (42,2%). По фотолюминесцентным особенностям, преобладают (34,5%) алмазы с сине-голубым свечением. Содержание алмазов с твёрдыми включениями составляет более половины (53,6%) от общего количества кристаллов. Алмазы характеризуются очень высокой степенью сохранности (целостности) и сравнительно

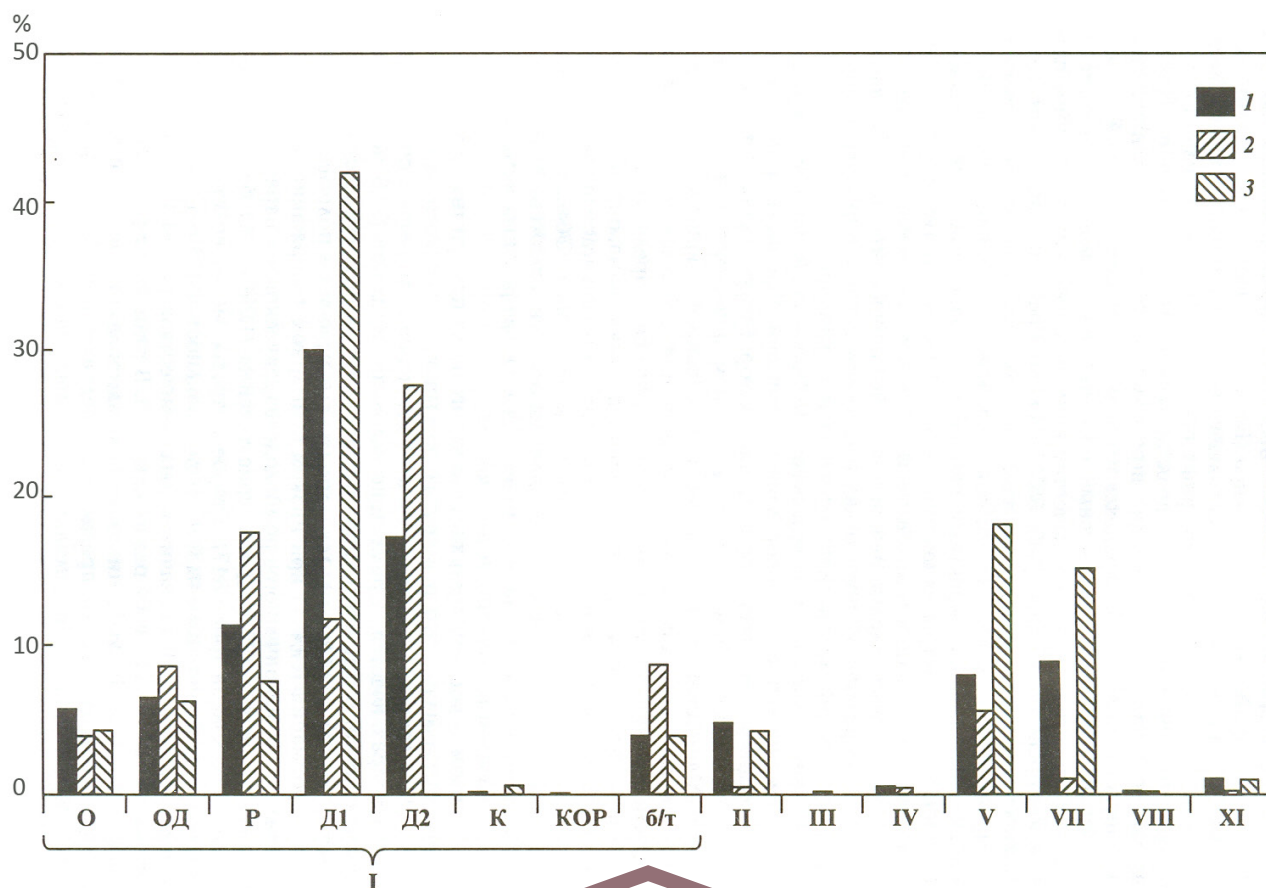


Рис. 1. Типоморфные особенности алмазов из россыпей Анабарского алмазоносного района:

I–V, VII, VIII, XI – разновидности алмазов, по Ю.Л.Орлову (О – октаэдры, ОД – переходные формы, Р – ламинарные ромбо-додекаэдры, Д1 – додекаэдры скрытослоистые, Д2 – додекаэдры с шагренью, К – кубы, КОР – куборомбододекаэдры, б/т – осколки); 1–3 – поля: 1 – Верхнеуджинское, 2 – Маспакы-Делингдинское, 3 – Анабаро-Попагайское



Рис. 2. Алмазы р. Большая Куонапка (Анабарский алмазоносный район)



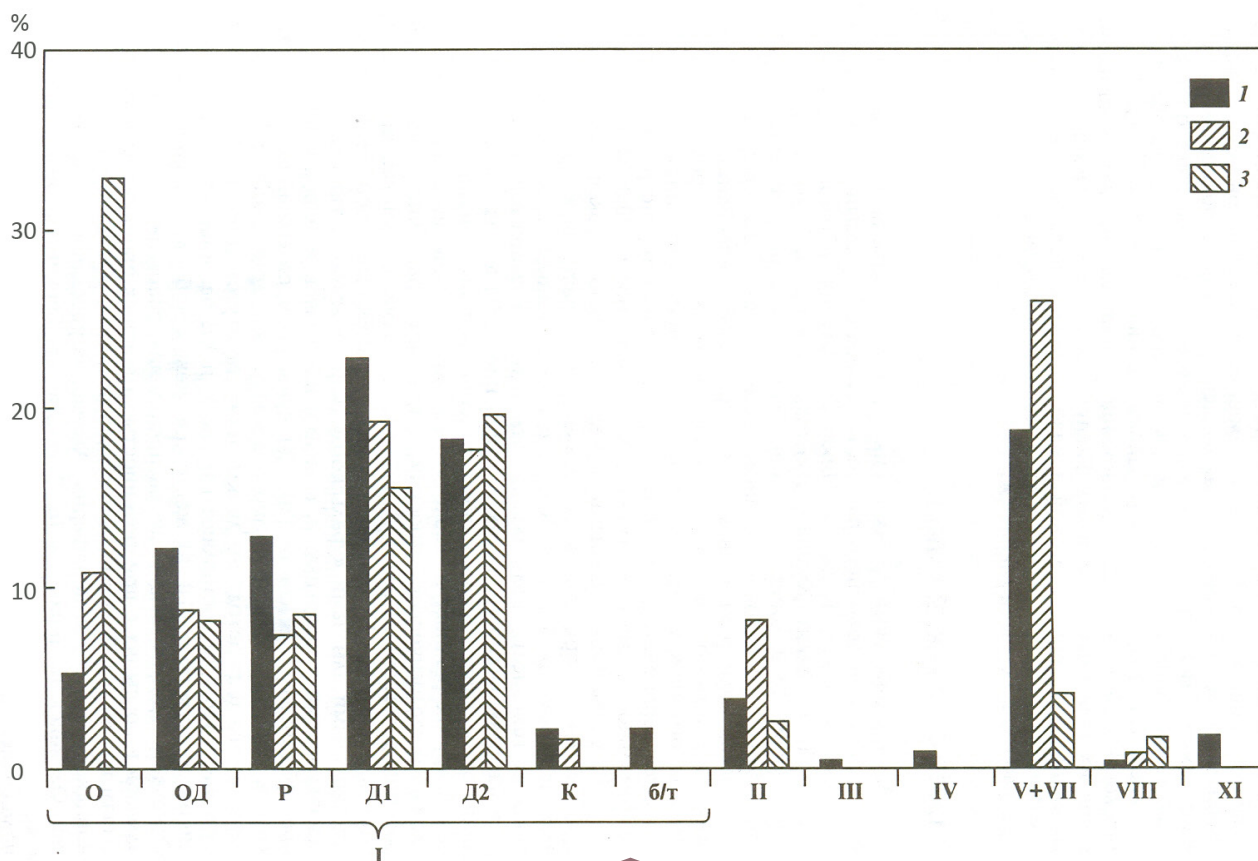


Рис. 3. Типоморфные особенности алмазов из россыпей Нижнеолёнского и Среднеолёнского алмазоносных районов:

I–IV, V+VII, VIII, XI – разновидности алмазов, по Ю.Л.Орлову (O – октаэдры, OD – переходные формы, P – ламинарные ромбододекаэдры, D1 – додекаэдры скрытослоистые, D2 – додекаэдры с шагренью, K – кубы, б/т – осколки); 1–2 – Нижнеолёнский и Среднеолёнский районы, соответственно, 3 – р. Омонос



Рис. 4. Алмазы из верхнетриасовых отложений участка Булкур (Нижнеолёнский алмазоносный район)

невысокой трещиноватостью. На долю индивидов с механическим износом истирания приходится 14,3% от общего количества кристаллов. Алмазы преимущественно средне- и высокоазотные.

Кютюнгинское поле включает россыпи района Кютюнгинского грабена и прилегающей к нему с юго-запада территории с нижнекарбонowymi отложениями участка Угюс-Юрюе. Для алмазов характерно (см. рисунки 5 и 6) резкое (94,1%) преобладание индивидов I разновидности, представленных преимущественно ламинарными кристаллами ряда октаэдр-ромбододекаэдр-октаэдрического (23,3%), ромбододекаэдрического (23,4%) и переходного между ними (27,8%) габитусов, составляющих в сумме 71,0%. Это характерно для богатых кимберлитовых тел фанерозойского возраста центральной части Сибирской платформы. Среди них велика (29,0%) доля полукруглых кристаллов с блоковой скульптурой. Содержание такого рода кристаллов является ано-



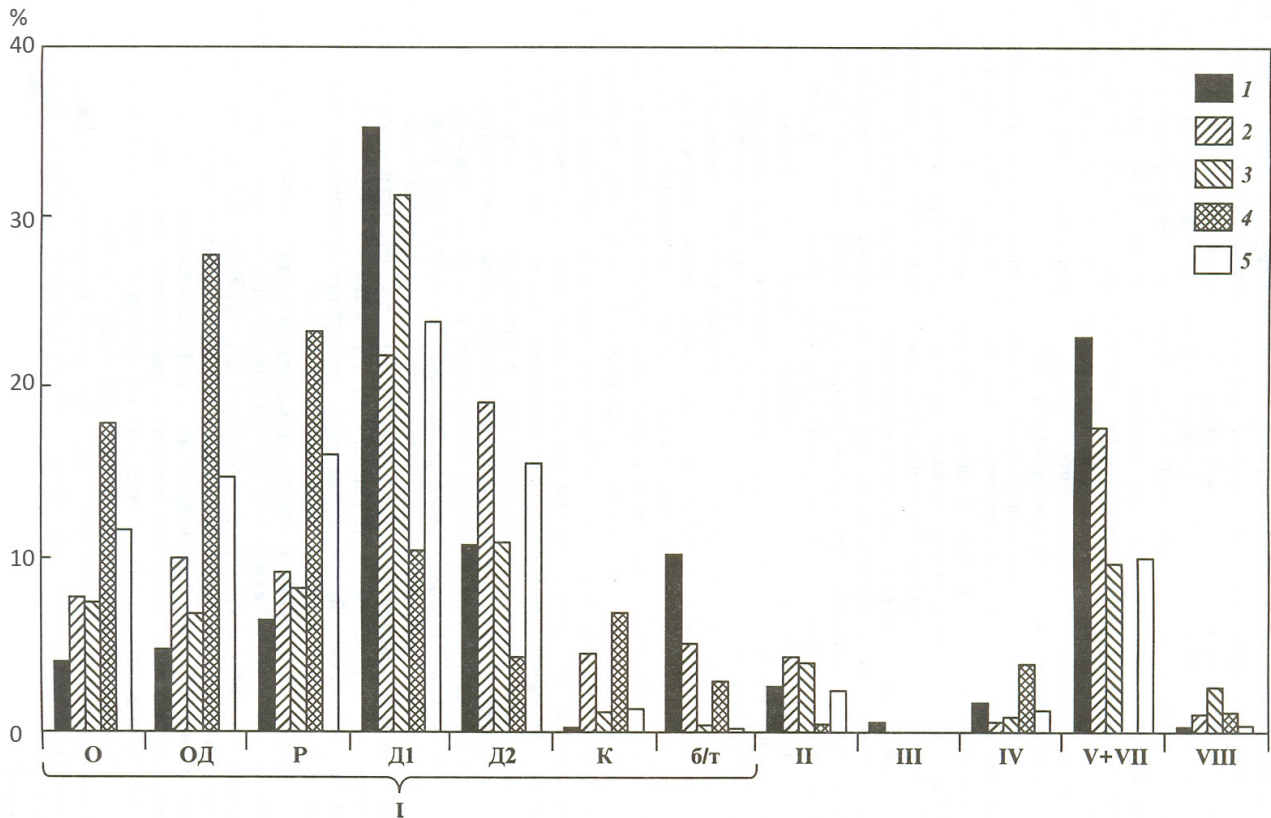


Рис. 5. Типоморфные особенности алмазов из россыпей Приленского алмазоносного района:

I–IV, V+VII, VIII – разновидности алмазов, по Ю.Л.Орлову (О – октаэдры, OD – переходные формы, P – ламинарные ромбо-додекаэдры, D1 – додекаэдры скрытослоистые, D2 – додекаэдры с шагренью, K – кубы, б/т – осколки); 1–5 – поля: 1 – Нижнеприленское, 2 – Среднеприленское, 3 – Верхнеприленское, 4 – Кютюнгинское, 5 – Молодо-Далдыньское



Рис. 6. Алмазы из россыпи Усупку-Юрэх (Приленский алмазоносный район)

мально высоким среди россыпей северо-востока Сибирской платформы. Для Кютюнгинского поля также характерно очень низкое содержание типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа (10,3%) и додекаэдроидов с шагренью и полосами пластической деформации (всего 4,4%) при присутствии значительного (6,9%) количества бесцветных кубовидов I разновидности. Среди алмазов россыпей северо-востока СП присутствует максимальное (4,0%) количество индивидов с оболочкой жёлто-зелёного ряда, в значительных количествах встреченных в уникально-алмазоносных трубках Ботубинская и Нюрбинская (Накынское поле), а также Айхал и Юбилейная (Алакит-Мархинское поле). Алмазы V и VII разновидностей, типоморфные для остальных россыпей северо-востока СП, полностью отсутствуют. Обращает на себя внимание присутствие значительного количества (3,0%) типичных тригонтриоктаэдроидов, отмеченных в россыпи Новинка в районе

трубки Интернациональная в МБАР [9]. Присутствуют также (1,1%) поликристаллические агрегаты VIII разновидности. Алмазы характеризуются очень низким (17,6%) содержанием двойников, сростков и высоким (77,5%) количеством кристаллов с признаками природного травления. Алмазы в основном прозрачные при низком (26,5%) содержании окрашенных и ожелезненных (32,4%) камней. Характерная особенность алмазов – высокое (8,6%) количество кристаллов с зелёными пятнами пигментации радиационного происхождения, являющееся одним из максимальных среди россыпей северо-востока Сибирской платформы, за исключением россыпей рек Далдын и Ырас (Молодо-Далдынское поле). Алмазы характеризуются преобладающей (45,0%) сине-голубой фотолюминесценцией и пониженным (45,0%) количеством кристаллов с твёрдыми включениями. Типоморфной особенностью алмазов Кютюнгинского россыпного поля является аномально высокое (9,9%) содержание кристаллов с сингенетическими включениями, представленных (90,0%) минералами-узниками ультраосновной ассоциации (оливин и реже хромит, а также пироп малиновый), а из включений эцлогитового генезиса установлены гранат оранжевого цвета и омфацил. Близкий характер распределения твёрдых включений из россыпей северо-востока СП наблюдается только в нижнекарбонных отложениях участка Угюс-Юрюе. Сопоставимое аномально высокое содержание алмазов с твёрдыми включениями установлено авторами только в некоторых кимберлитовых телах ДААР с промышленной алмазоносностью (трубки Удачная, Сытыканская и Комсомольская). Кристаллы отличаются высокой степенью сохранности (целостности) с преобладанием камней без трещин. Характерной особенностью изученных алмазов является иной тип их механического износа, отличающийся от такового всех других россыпей северо-востока Сибирской платформы. Среди них полностью отсутствует механический износ «истирания». Однако общее содержание изношенных алмазов является высоким (43,6%). Преобладает износ «выкрашивания» на обломках (15,4%) и фигуры удара в виде насечки на ребрах целых кристаллов (20,1%), а также серповидные трещины и ромбический узор трещин (8,1%). Среди алмазов преобладают низко- и среднеазотные кристаллы.

*Молодо-Далдынское поле* включает территорию Молодо-Далдынского междуречья, где установлены находки алмазов в верхнекаменноугольных и нижнепермских отложениях, близкие по типоморфным особенностям к кристаллам кютюнгинского типа. В этом же направлении закономерно снижается содержание кристаллов ассоциации кютюнгинского

типа с одновременным увеличением содержания типичных округлых алмазов I разновидности и дефектных кристаллов V и VII разновидностей, типоморфных для других россыпей северо-востока СП, коренные источники которых до настоящего времени не установлены [13, 17–20]. Для россыпи р. Далдын характерна минералогическая ассоциация кютюнгинского типа [14] с преобладанием ламинарных кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов, а также ламинарных ромбододекаэдров с блоковой скульптурой (в сумме 52,4%), преобладающих над типичными округлыми алмазами во всех классах крупности (особенно в классе –8+4 мм). Содержание типоморфных для россыпей северо-востока СП индивидов V и VII разновидностей низкое (учитывая повышенную крупность кристаллов), присутствуют жёлто-оранжевые кубы II разновидности (2,7%), бесцветные кубоиды I разновидности (3,1%), и полностью отсутствуют импактные алмазы XI разновидности. Кристаллы характеризуются низким (21,0%) содержанием двойников и сростков, а также высоким (77,0%) количеством кристаллов с признаками природного травления. Алмазы в основном прозрачные при сравнительно малом (41,1%) количестве окрашенных камней, а также ожелезненных кристаллов (42,0%). Следует отметить повышенное (4,2%) по сравнению с другими россыпями северо-востока СП содержание камней с соломенно-жёлтой окраской, а также максимальное (14,7%) количество кристаллов с зелёными пятнами пигментации и позеленением по трещинам (радиационного происхождения). Алмазы характеризуются доминирующей (42,2%) сине-голубой фотолюминесценцией и пониженным (48,3%) содержанием индивидов с твёрдыми включениями. Для алмазов характерна высокая степень сохранности (целостность) и пониженная трещиноватость. Среди них очень низкое (всего 0,8%) содержание камней с механическим износом истирания прибрежно-морского генезиса, но немало (29,2%) индивидов с механическим износом выкрашивания, который обычно характерен для россыпей среднего сноса с преобладанием кристаллов октаэдрического габитуса, присущих классическим высокоалмазоносным кимберлитам среднепалеозойского возраста Сибирской платформы. Такого рода изношенные алмазы в количестве до 20–30% присутствуют в верхнепалеозойских и мезозойских терригенных отложениях в МБАР. Следует отметить небольшое (3%) содержание кристаллов с ромбическим узором и серповидными трещинами, образование которых можно связывать как с особыми прибрежно-морскими условиями формирования, так и с термальным воздействием траппов на древний

коллектор каменноугольно-пермского возраста. Весь комплекс типоморфных особенностей алмазов россыпи р. Далдын свидетельствует об их наиболее высоком качестве по сравнению с другими россыпями северо-востока СП, не ниже россыпи Большая Куонапка. В пределах россыпи р. Молодо (ниже устья р. Далдын) наблюдается закономерная трансформация типоморфных особенностей алмазов путём снижения (в сумме 27,9%) доли ламинарных кристаллов октаэдрического, переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому и ромбододекаэдрического габитусов и повышения количества типичных округлых алмазов (45,6%), а также камней V и VII разновидностей (12,7%). При этом присутствуют жёлто-оранжевые кубы II разновидности (3,2%), бесцветные кубоиды I разновидности (1,8%), кристаллы с оболочкой IV разновидности (1,8%), и отсутствуют импактные алмазы XI разновидности (молодинская минералогическая ассоциация). Содержание ламинарных кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов в 1,5 раза увеличивается с их крупностью. Одновременно резко (в 2–2,5 раза) уменьшается количество типичных округлых алмазов. Отмечается заметное (около 25%) содержание дефектных кристаллов V и VII разновидностей в наиболее продуктивных классах. Это является одной из причин понижения качества камней россыпи р. Молодо по сравнению с таковыми р. Далдын при сопоставимой гранулометрии и среднем весе (26,2 мг) кристаллов. Для алмазов характерно низкое (19,8%) содержание двойников и сростков и высокое (66,6%) количество кристаллов с признаками природного травления. Кристаллы характеризуются высокой степенью прозрачности, низким (31,2%) содержанием окрашенных, а также ожелезненных алмазов (45,7%). Среди алмазов превалируют (38,4%) кристаллы с сине-голубой фотолуминесценцией. Число алмазов с твёрдыми включениями является наиболее низким среди россыпей северо-востока Сибирской платформы и равно всего 42,3%. Содержание индивидов с сингенетическими включениями составляет 2,9% от общего количества кристаллов, что является одной из наиболее высоких цифр для россыпей северо-востока СП (за исключением россыпи р. Далдын). Алмазы характеризуются высокой сохранностью и низкой трещиноватостью. Содержание индивидов с механическим износом истирания прибрежно-морского генезиса одно из наиболее низких (1,5%) среди россыпей северо-востока Сибирской платформы и практически не зависит от крупности кристаллов. Необходимо отметить повышенное (6,7%) количество индивидов с серповидными трещинами и ромбическим узором, что сближает

их с таковыми россыпи р. Далдын. Большинство алмазов высокоазотные. Для алмазов из россыпей Молодо-Далдынского поля в целом характерно повышенное содержание ламинарных кристаллов октаэдрического, переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому и ромбододекаэдрическому габитусов с блоковой скульптурой I разновидности и присутствие в повышенном количестве индивидов с оболочкой IV разновидности, что сближает их с алмазами кютюнгинского типа, характерными для нижнекарбонных отложений, при низком содержании типичных округлых камней уральского (бразильского) типа. Наблюдается значительная трансформация типоморфных особенностей алмазов в системе рек Далдын–Молодо с понижением содержания октаэдров и повышением количества типичных округлых камней, а также индивидов V и VII разновидностей, в том числе и в наиболее продуктивных классах крупности, что приводит к некоторому снижению качества алмазного сырья. Максимальное количество алмазов V и VII разновидностей отмечается по р. Молодо (ниже устья р. Сянгюдэ), в зоне размыва мезозойских вторичных коллекторов. Другие типоморфные особенности кристаллов россыпей рек Далдын и Молодо достаточно близки, что позволяет комплексом методов охарактеризовать молодинскую минералогическую ассоциацию алмазов, являющуюся полигенной вследствие смешения ассоциации кютюнгинского типа с зырянской ассоциацией, характерной для древнечетвертичных образований региона.

*Муно-Тюнгский алмазоносный район* (МТАР) расположен в пределах юго-восточной части Анабарской антеклизы. В его пределах выделяется три россыпных поля (Средне-Мунское, Верхне-Тюнгское и Верхне-Мунское), заметно различающиеся (см. рисунки 7 и 8) по типоморфным особенностям алмазов. *Средне-Мунское россыпное поле* характеризуется резким (92,8%) преобладанием алмазов I разновидности, представленных преимущественно типичными округлыми кристаллами уральского (бразильского) типа (37,9%) и додекаэдроидами с шагренью и полосами пластической деформации. Соотношение двух групп округлых алмазов обратное по сравнению с кимберлитовыми телами Верхне-Мунского поля и россыпью Уулаах-Муна. Общее содержание ламинарных кристаллов октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного между ними габитусов сравнительно невысокое (27,9%). Низким является и содержание типоморфных для россыпей северо-востока СП алмазов V–VII (3,7%) и II (3,2%) разновидностей. Кристаллы характеризуются значительным содержанием двойников и сростков (33,8%), а также кристаллов с признаками природного травления



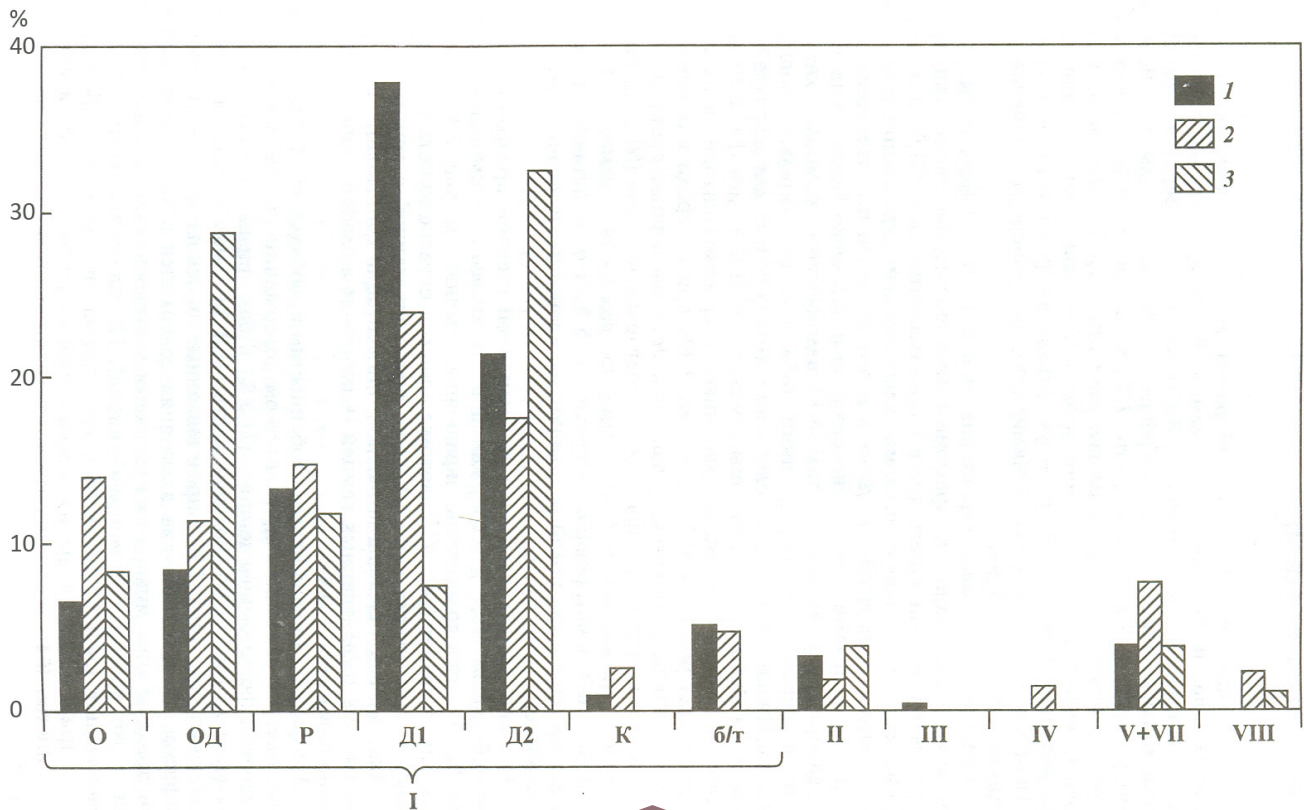


Рис. 7. Типоморфные особенности алмазов из россыпей Муно-Тюнгского алмазоносного района:

I–IV, V+VII, VIII – разновидности алмазов, по Ю.Л.Орлову (О – октаэдры, ОД – переходные формы, Р – ламинарные ромбо-додекаэдры, Д1 – додекаэдры скрытослоистые, Д2 – додекаэдры с шагренью, К – кубы, б/т – осколки); 1–3 – поля: 1 – Средне-мунское, 2 – Верхнетюнгское, 3 – Верхнемунское

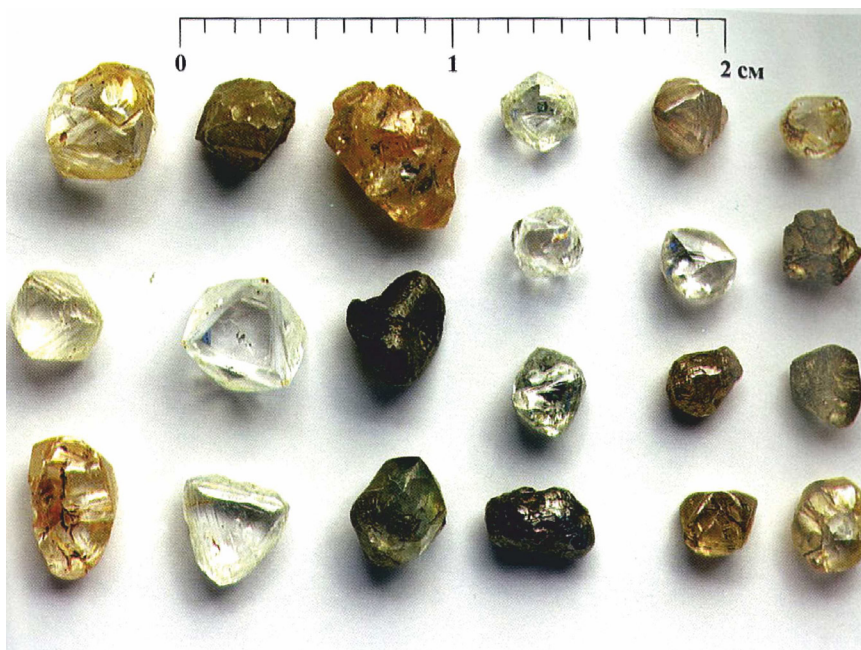


Рис. 8. Алмазы р. Тюнг (Муно-Тюнгский алмазоносный район)

(59,6%). Алмазы в основном прозрачные, при низком (34,8%) содержании окрашенных, а также ожелезнённых (40,8%) камней. По фотолюминесцентным особенностям преобладают (39,1%) алмазы с синеголубым свечением. Большинство (71,3%) индивидов содержат твёрдые включения. Алмазы характеризуются высокой степенью сохранности и значительной трещиноватостью. Общее содержание с механическим износом истирания является сравнительно невысоким (8,9%). Кристаллы преимущественно средне- и высокоазотные. В целом типоморфные особенности алмазов Средне-Мунского поля близки к кристаллам из современных россыпей Верхне- и Средне-Приленского алмазоносных полей, а также к индивидам из древних вторичных коллекторов верхнеюрского (нижеволжского) возраста, опробованных на междуречье Молодо–Сюнгюдэ–Лена, и отличаются от кимберлитовых тел Верхне-Мунского поля и россыпи р. Уулаах-Муна, сформированной в основном за счёт размыва этих трубок. *Верхне-Тюнгское поле* характеризуется комплексом типоморфных особенностей алмазов, позволяющих отличать их от индивидов из близлежащих участков коренной и россыпной алмазоносности. В первую очередь это повышенное (39,7%) суммарное содержание ламинарных кристаллов ряда октаэдр–ромбододекаэдр октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного между ними габитусов, которое является одним из наиболее высоких среди россыпей северо-востока СП (после Кютюнгдинского и Молодо-Далдынского полей). Суммарное содержание типичных округлых алмазов сравнительно низкое (41,2%), среди них типичные округлые уральского (бразильского) типа (23,9%) преобладают над додекаэдроидами с шагренью и полосами пластической деформации (17,3%), чем и отличаются от кимберлитовых тел Верхне-Мунского поля с их обратным соотношением. Среди последних на значительном количестве додекаэдроидов с шагренью развиты каверны, для которых характерна зелёная фотолюминесценция. Такого рода алмазы полностью отсутствуют в россыпях Верхне-Тюнгского поля, что указывает на отсутствие сноса в южном направлении от верхнемунских трубок. Кроме того, в россыпях Верхне-Тюнгского поля в сравнительно небольших количествах встречены кристаллы V–VII (7,4%) и II разновидностей, характерные и для других россыпей северо-востока Сибирской платформы, что свидетельствует о полигенности ассоциации. Реже (1,2–2,0%) встречены алмазы IV и VIII разновидностей. Кристаллы характеризуются низким (21,3%) содержанием двойников и сростков и невысоким (51,7%) количеством индивидов с признаками природного травления. Среди них преобладают прозрачные кри-

сталлы при низком (23,4%) содержании окрашенных и ожелезнённых (46,2%) камней. Алмазы характеризуются преобладающей (45,0%) розово-сиреневой фотолюминесценцией и низким (50,9%) содержанием кристаллов с твёрдыми включениями. Для алмазов характерны сравнительно невысокая степень сохранности и пониженная трещиноватость камней. Количество камней с механическим износом «истирания» прибрежно-морского генезиса является одним из наиболее низких (1,6%) среди россыпей северо-востока Сибирской платформы. Алмазы в основном средне- и высокоазотные. Муно-Тюнгский алмазоносный район характеризуется различием типов первоисточников алмазов в отдельных россыпных полях. Следует обратить внимание на повышенное содержание ламинарных кристаллов ряда октаэдр–ромбододекаэдр, характерных для кимберлитовых тел с продуктивной алмазоносностью в россыпях Верхне-Тюнгского поля, что может свидетельствовать о присутствии в этом регионе нового кимберлитового поля. Этот прогноз данной территории подтверждается приуроченностью к северо-восточному ограничению Виллойско-Мархинской зоны глубинных разломов и нахождением в пределах Тюнгского ортократона [13, 18–20]. Приведённые примеры свидетельствуют об эффективности разбраковки отдельных участков по типам первоисточников алмазов, а также качеству алмазного сырья, об уверенном прогнозе новых коренных источников по присутствию в россыпях кристаллов кимберлитового генезиса, об оценке уровня потенциальной алмазоносности ещё не открытых коренных источников по находкам алмазов в россыпях, а также выделению участков с повышенным качеством алмазного сырья. В целом «спектр» алмазов из россыпей Лено-Анабарской области сравнительно однообразен и близок к кристаллам из окаймляющих с востока и севера Анабарскую антеклизу вторичных коллекторов позднеюрского и ранневолжского возрастов (кряжи Чекановского, Прончищева, хребет Хараулах и др.). Для них характерно низкое содержание алмазов из кимберлитового типа первоисточника, составляющих не более 10–15% от общего количества кристаллов, при несколько различном в отдельных районах соотношении типичных округлых камней уральского (бразильского) типа, алмазов V разновидности, сложно деформированных двойников и сростков додекаэдроидов с «облегчённым» изотопным составом углерода VII разновидности, жёлто-оранжевых кубоидов с изотопным составом углерода «промежуточного» состава II разновидности, отсутствующих в известных коренных месторождениях провинции, а также присутствием в ряде регионов (Анабарский, Средне-Оленёкский и Нижне-Оленёкский районы)

поликристаллов алмаза типа «карбонадо» с примесью лонсдейлита из импактного типа первоисточника. Общим для них является повышенный механический износ, увеличивающийся от краевых частей Анабарской антеклизы в сторону Анабарского кристаллического массива, что совпадает с направлением трансгрессии при формировании данной структуры в истории геологического развития СП.

На Сибирской платформе алмазы также установлены во вторичных коллекторах раннекаменноугольного (Байкитская алмазоносная область), позднекаменноугольного и раннеюрского (МБАР), позднекаменноугольного (Моркокинский алмазоносный район), раннекаменноугольного, поздне триасового, раннемелового, раннеюрского, позднеюрского и неоген-нижнечетвертичного возрастов (северо-восток СП), поздне триасового и раннеюрского (СМАР) возрастов. Масштабы этой алмазоносности заметно ниже по сравнению с современными россыпями. Среди них выделяются россыпи ближнего и дальнего сноса различного генезиса. Алмазы из разновозрастных вторичных коллекторов раннемелового и раннеюрского возрастов Эбеляхского алмазоносного поля близки по своим типоморфным особенностям. Среди них встречены одни и те же разновидности кристаллов при несколько различных их соотношениях, связанных с крупностью. В алмазах из континентальных древних вторичных коллекторов встречены кристаллы с механическим износом «истирания» прибрежно-морского генезиса. Это свидетельствует об их сложной экзогенной истории и перемыве из более древних вторичных коллекторов прибрежно-морского генезиса, которыми могли быть верхнетриасовые отложения, близкие к осадкам Нижне-Ленского алмазоносного района (НЛАР), и, вполне вероятно, еще более древние коллекторы, в том числе и докембрийского возраста с неустановленными коренными источниками невыясненного генезиса. В целом, по типоморфным особенностям, наиболее древним вторичным коллектором на северо-востоке СП с близкими типоморфными особенностями кристаллов являются верхнетриасовые отложения НЛАР с алмазами нижнеленского типа с неустановленными коренными источниками, которые составляют основную часть кристаллов из разновозрастных вторичных коллекторов Эбеляхского алмазоносного поля.

В Приленском алмазоносном районе алмазы Кютюнгинского грабена нижнекарбонového возраста резко отличаются от кристаллов из россыпей окружающих территорий за пределами Кютюнгинского прогиба. Типоморфными особенностями алмазов из отложений нижнекарбонového возраста являются: низкий средний вес кристаллов, преобладание ха-

рактерных для богатых кимберлитовых тел ламинарных индивидов ряда октаэдр (в основном с блоковой скульптурой I разновидности), содержание камней с окрашенной оболочкой IV разновидности при низком содержании типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа. Присутствуют здесь типичные тригонтриоктаэдры травления и большое количество кристаллов с «леденцовой» скульптурой. Мало двойников и сростков, отсутствуют алмазы V и VII разновидностей, характерные для других разновозрастных россыпей северо-востока СП. Типичны высокая степень прозрачности, отсутствие камней с признаками ожелезнения, заметное содержание алмазов с зелёными пятнами пигментации. Много кристаллов с твёрдыми включениями ультраосновной ассоциации, что характерно для известных богатых кимберлитовых тел. Сохранность алмазов в целом плохая, содержание камней с механическим износом «выкрашивание» и «аллювиальными» сколами высокое. Качество алмазного сырья сравнительно невысокое. Комплекс типоморфных особенностей кристаллов из нижнекарбонových отложений Кютюнгинского грабена позволяет выделить так называемые алмазы «кютюнгинского» типа и проследить их в близлежащих районах россыпной алмазоносности, где они пользуются значительным распространением (бассейны рек Кютюндэ, Толуопка, Далдын и среднее–верхнее течение р. Молодо).

В Нижне-Ленском алмазоносном районе в верхнетриасовых отложениях в пределах Предверхоанского прогиба алмазы изучены по шести пространственно-разобшённым участкам, причём часть находок – из отложений в пределах складчатой области. Верхнетриасовые отложения НЛАР – наиболее древние из известных вторичных коллекторов с неустановленными коренными источниками невыясненного генезиса. Величина изученных алмазов наиболее низкая для россыпей северо-востока Сибирской платформы, при этом средний вес кристаллов уменьшается с запада (участок Булкур) на восток (участок Ольховый) с 17,0 до 2,4 мг, а также почти в два раза уменьшается с севера на юг по участку Булкур, что, по-видимому, связано с различием литолого-фациального состава алмазоносных отложений этого региона и крупностью алмазов. Для данного района характерно высокое содержание кристаллов класса  $-1+0,5$  мм, а также мелких камней класса  $-2+1$  мм, которые составляют 3/4 от общей массы добываемых камней. По мнению авторов, пониженная крупность кристаллов характерна для краевых частей СП и связана с историей геологического развития Анабарской антеклизы, а также литолого-фациальными условиями формирования



алмазоносных отложений в удалённых от береговой линии фациях.

По кристалломорфологическим особенностям алмазов, отмечается высокое содержание серых, переполненных включениями графита ромбододекаэдров V разновидности, сложных двойников и сростков додекаэдров VII разновидности, составляющих до половины и более от общего количества кристаллов, и присутствие жёлто-оранжевых кубоидов II разновидности, что сближает их с индивидами из россыпей Эбеляхской алмазоносной площади. Сокращаются крупность и количество алмазов V и VII разновидностей с запада на восток района. Среди кристаллов I разновидности преобладают типичные округлые алмазы уральского (бразильского) типа при заметном содержании додекаэдров с шагренью и полосами пластической деформации, а также бесцветных кубоидов при очень низком суммарном количестве ламинарных кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов, в том числе, в отличие от Эбеляхских россыпей, и в мелком классе крупности  $-1+0,5$  мм. Особенностью изученных алмазов является также высокое содержание сложнодвойникованных по шпинелевому закону индивидов и различных незакономерных сростков, составляющих до 1/2 от общего количества кристаллов, причём их роль заметно увеличивается с уменьшением крупности. Широко распространены скульптуры с признаками травления, представленные в основном «шрамами». Среди изученных алмазов не встречены камни с механическим износом «истирания» прибрежно-морского генезиса, но наблюдается (до 42,0%) механический износ «выкрашивания», что может свидетельствовать об удалении их коренных источников, учитывая площадной характер распространения верхнетриасового коллектора. Внешний облик алмазов заметно «свежее», чем у кристаллов из других россыпей северо-востока СП, что предполагает вероятное нахождение их первоисточников в районе Чукуровского выступа фундамента или Сололийского поднятия на северо-востоке Анабарской антеклизы.

В результате комплексного исследования алмазов в верхнетриасовых отложениях НЛАР можно выделить нижнеленский тип их первоисточника невыясненного, предположительно эклогитового генезиса, послужившего основным источником этих алмазов из разновозрастных россыпей Эбеляхского алмазоносного поля, и высказать предположение о его местонахождении в краевых частях СП. Обращает на себя внимание факт относительной «свежести» алмазов нижнеленского типа (отсутствие механического износа «истирания» и слабое ожелез-

нение камней), что является отличительным признаком для россыпей северо-востока СП и может указывать на относительную близость их коренных источников. Типоморфизм алмазов нижнеленского типа, преобладание среди них разновидностей, отсутствующих в известных кимберлитовых телах, облегчённый изотопный состав углерода V и VII разновидностей ( $\delta^{13}\text{C} = -23,0\%$ ), составляющих не менее половины всех кристаллов, преобладающих эклогитовый парагенезис твёрдых включений в алмазах могут служить указанием на то, что их коренным источником могут быть не классические кимберлиты, а эклогиты или другие породы корового происхождения с неклассическими минералами-спутниками по этим породам.

Таким образом, результаты комплексного исследования типоморфных особенностей алмазов из россыпей СП позволяют выделять алмазоносные субпровинции, области, районы и поля, для которых можно прогнозировать тип первоисточников, уровень их потенциальной алмазоносности, а также качество алмазного сырья. Россыпи алмазов континентального типа отличают линейное, потоковое распределение ИМК и алмазов, а также градиентный характер свойств их ассоциаций. Последние могут быть как высоко- (концентрация ИМК), так и низко-градиентными (степень механического износа или особенности их гидравлической сортировки). Основными чертами алмазоносных россыпей континентального типа являются: 1) формирование за счёт крупных и высокоалмазоносных кимберлитовых (лампроитовых) тел при достаточной величине эрозионного среза; 2) тесная пространственная связь с коренными источниками; 3) слабый механический износ ИМК; 4) низкая степень гидравлической сортировки ИМК по гранулометрии и плотности, а также их линейное, потоковое распределение. Обычно минеральная ассоциация россыпей этого типа, несмотря на некоторые изменения, близка к исходной в коренном источнике. В отличие от этого, основными чертами прибрежно-морских россыпей алмазов являются: а) независимость от местоположения коренных источников; б) максимальная степень гидравлической сортировки ИМК по гранулометрии и плотности, а также по механическому их износу; в) преимущественно алмазо-пироповый состав ассоциации ИМК и нередко повышенные их концентрации. Однако перечисленные особенности строения и формирования россыпей континентального и прибрежно-морского типов присущи им при первичном состоянии и существенно меняются при неоднократном перемыве, что часто встречается на древних платформах мира. При неоднократном перемыве россыпей на протяжении длительной истории

их существования, россыпеобразующие минералы могут оказаться в разной геолого-тектонической ситуации. Однако минералогический характер россыпей, определяемый начальным периодом их формирования, в основных чертах сохраняется, поскольку изменения, неизбежно связанные с развитием геологических процессов, лишь накладываются на минералы и их ассоциации, но не изменяют их исходные особенности. Поэтому минерагенический фактор (как более консервативный) несёт основную информацию об условиях формирования и истории развития алмазоносных россыпей.

Типоморфные особенности алмазов из россыпей Кютюнгинского поля являются аномальными среди известных месторождений, что позволило выделить ассоциацию кютюнгинского типа с преобладанием ламинарных кристаллов ряда октаэдр–ромбододекаэдр преимущественно с блоковой скульптурой, низким содержанием типичных округлых алмазов и с присутствием индивидов с оболочкой жёлто-зелёного ряда, аномально высоким содержанием твёрдых включений, преимущественно ультраосновной ассоциации и преобладанием камней с сине-голубой фотолюминесценцией. Однако алмазы характеризуются высоким содержанием камней со своеобразным механическим износом (фигуры удара и серповидные трещины), что свидетельствует об их сложной экзогенной истории. Близкие типоморфные особенности алмазов характерны для нижнекаменноугольных отложений участка Угюс-Юрюе, что убедительно свидетельствует о верхнепалеозойском (докаменноугольном) возрасте их коренных источников, поиски которых в значительной мере усложнены геологическим строением территории Молодо-Далдыно-Толуопского междуречья, перекрытой толщами траппов. Приленская алмазоносная область по типоморфным особенностям алмазов подразделяется на две группы россыпных полей (соответственно, Приленской и Кютюнгинской), характеризующихся полигенезом их коренных источников. В первой преобладают типичные округлые индивиды уральского (бразильского) типа I разновидности в ассоциации с кристаллами V, VII и II разновидностей, характерные для периферийных частей древних платформ. Для Кютюнгинской области характерно преобладание ламинарных кристаллов ряда октаэдр–ромбододекаэдр I разновидности в основном с блоковой скульптурой при низком содержании типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа и при заметном содержании алмазов с оболочкой IV разновидности жёлто-зелёного ряда, а также здесь отмечается аномально высокая ультраосновная ассоциация твёрдых включений в кристаллах, что свидетельствует

о гетерогенности строения верхней мантии в этом регионе Сибирской платформы. Преобладание кимберлитовых алмазов и специфика их морфологии наряду с наличием комплекса гранатов алмазной ассоциации являются надёжным свидетельством существования в этом районе высокоалмазоносных кимберлитов среднепалеозойского возраста. Дифференциация алмазов из отдельных россыпей в пределах Верхне-Тюнгского поля небольшая, что может свидетельствовать об их поступлении в современный аллювий за счёт размыва древнего вторичного коллектора, носящего площадной характер распространения. Ими могут быть отложения нижнеюрского возраста, опробованные на водоразделе рек Тюнг–Тюнгкэн. Среди них, по предварительным данным, также преобладают (60%) ламинарные кристаллы ряда октаэдр–ромбододекаэдр I разновидности, чем они отличаются от таковых из верхнеюрских (нижневолжских) отложений междуречья Молодо–Сюнгюдэ–Лена. Это позволяет прогнозировать собственные богатые коренные источники алмазов в бассейне р. Тюнг с повышенным содержанием ламинарных кристаллов ряда октаэдр–ромбододекаэдр, несмотря на полигенный характер алмазов верхнетюнгской минералогической ассоциации, отличающийся от хакчанской. Приведённые сведения по минералогической характеристике алмазов из разновозрастных вторичных коллекторов северо-востока СП ещё раз доказывают, что это крупнейший район россыпной алмазоносности, на отдельных территориях которого возможно выделить типоморфные особенности и типы первоисточников. Это позволяет использовать приведённые данные для целей регионального и локального прогноза их коренных источников.

Сравнение типоморфизма алмазов с привлечением данных детального исследования твёрдых включений и изотопного состава углерода позволило на северо-востоке Сибирской платформы оконтурить район Кютюнгинского грабена и прилегающих к нему с юго-запада территорий Далдыно-Толуопского междуречья (Кютюнгинская область), перспективный на открытие богатых кимберлитовых тел с алмазами кютюнгинского типа, сопровождаемыми пиропами алмазной ассоциации с высоким содержанием кноррингитового компонента. Важное значение имеет использование типоморфных особенностей алмазов для восстановления экзогенной истории алмазов на пути от коренных источников до мест современного нахождения в россыпях, для палеогеографических реконструкций распространения древних продуктивных отложений и выяснения направлений сноса. Проведённое на примере СП минералогическое районирование территорий россыпной

алмазности по типоморфным особенностям алмазов показывает возможности проведения локализации перспективных площадей и поиска коренных источников этого минерала, который является значительно более устойчивым в экзогенных условиях по сравнению с другими мантийными образованиями. Однако при проведении поисковых работ на этой территории шлихоминералогическим методом следует учитывать существенное влияние на ассоциации минералов размываемого и переотложенного материала из находящегося рядом Анабарского кристаллического массива.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев В.П., Елисеев А.П., Надолинный В. А.* и др. Минералогия и некоторые вопросы генезиса алмазов V и VII разновидности (по классификации Ю.Л. Орлова) // Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2000. – № 5 (10). – С. 79–96.
2. *Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н.* Минералогия древних россыпей алмазов восточного борта Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. – 1987. – № 1. – С. 90–96.
3. *Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н.* Основные литодинамические типы ореолов индикаторных минералов кимберлитов и обстановки их формирования // Геология рудных месторождений. – 1999. – Т. 41. – № 3. – С. 281–288.
4. *Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Коптиль В.И.* Полигенез алмазов в связи с проблемой коренных россыпей северо-востока Сибирской платформы // Доклады Академии наук. – 1998. – Т. 361. – № 3. – С. 366–369.
5. *Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Логинова А.Н.* Особенности распределения россыпных алмазов, связанных с докембрийскими источниками // Записки Российского минералогического общества. – 2009. – Т. 138. – № 2. – С. 1–13.
6. *Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Тычков С.А.* Проблема алмазности Сибирской платформы // Вестник Воронежского госуниверситета. Геология. – 2002. – № 1. – С. 19–36.
7. *Василенко В.Б., Зинчук Н.Н., Кузнецова Л.Г.* Геодинамический контроль размещения кимберлитовых полей центральной и северной частей Якутской кимберлитовой провинции (петрохимический аспект) // Вестник Воронежского госуниверситета. Геология. – 2000. – № 3 (9). – С. 37–55.
8. *Василенко В.Б., Толстов А.В., Кузнецова Л.Г., Минин В.А.* Петрохимические критерии алмазности кимберлитовых месторождений Якутии // Геохимия. – 2010. – № 4. – С. 366–376.
9. *Зинчук Н.Н.* Сравнительная характеристика вещественного состава коры выветривания кимберлитовых пород Сибирской и Восточно-Европейской платформ // Геология и геофизика. – 1992. – № 7. – С. 99–109.
10. *Зинчук Н.Н., Борис Е.И., Яныгин Ю.Б.* Особенности минерогенеза алмаза в древних осадочных толщах (на примере верхнепалеозойских отложений Сибирской платформы). – М.: МГТ, 2004. – 172 с.
11. *Зинчук Н.Н., Зуев В.М., Коптиль В.И., Чёрный С.Д.* Стратегия ведения и результаты алмазописковых работ // Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53–57.
12. *Зинчук Н.Н., Коптиль В.И., Борис Е.И., Липашиова А.Н.* Типоморфизм алмазов из россыпей Сибирской платформы как основа поисков алмазных месторождений // Руды и металлы. – 1999. – № 3. – С. 18–30.
13. *Зинчук Н.Н., Мельник Ю.М., Серенко В.П.* Апокимберлитовые породы // Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 66–72.
14. *Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Крайнов А.В.* Кимберлиты в истории Земли // Труды НИИ геологии ВГУ. Вып. 68. – Воронеж: ВГУ, 2013. – 99 с.
15. *Мальцев М.В., Толстов А.В., Фомин В.М., Старкова Т.С.* Новое кимберлитовое поле в Якутии и типоморфные особенности его минералов-индикаторов // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2016. – № 3. – С. 86–94.
16. *Орлов Ю.Л.* Минералогия алмаза. 2-е изд. – М.: Наука, 1984. – 264 с.
17. *Симоненко В.И., Толстов А.В., Васильева В.И.* Новый подход к геохимическим поискам кимберлитов на закрытых территориях // Разведка и охрана недр. – 2008. – № 4–5. – С. 108–112.
18. *Хитров В.Г., Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д.* Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава // Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 296. – № 5. – С. 1228–1233.
19. *Grachanov S.A., Zinchuk N.N., Sobolev N.V.* The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform // Doklady Earth Sciences. – 2015. – Vol. 465. – № 2. – P. 1297–1301.
20. *Serov I.V., Garanin V.K., Zinchuk N.N., Rotman A.Ya.* Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform // Petrology. – 2001. – Vol. 9. – № 6. – P. 576–588.



REFERENCES

1. *Afanas'yev V.P., Yeliseyev A.P., Nadolinnyy V.A. et. al.* Mineralogiya i nekotoryye voprosy genezisa almazov V i VII raznovidnosti (po klassifikatsii YU.L. Orlova) [Mineralogy and some questions of the genesis of diamonds of the V and VII varieties (according to the classification of Yu. L. Orlov)]. Vestnik Voronezhskogo un-ta. Geologiya. 2000, No.5 (10), P.79–96.
2. *Afanas'yev V.P., Zinchuk N.N.* Mineralogiya drevnikh rossypey almazov vostochnogo borta Tunguskskoy sineklizy [Mineralogy of ancient placers of diamonds on the eastern side of the Tunguska syncline]. Geologiya i geofizika. 1987, No.1, P.90–96.
3. *Afanas'yev V.P., Zinchuk N.N.* Osnovnyye litodinamicheskiye tipy oreolov indikatornykh mineralov kimberlitov i obstanovki ikh formirovaniya [The main lithodynamic types of halos of indicator kimberlite minerals and the conditions of their formation]. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy. 1999, V.41, No.3, P.281–288.
4. *Afanas'yev V.P., Zinchuk N.N., Koptil' V.I.* Poligenez almazov v svyazi s problemoy korennykh rossypey severovostoka Sibirskoy platformy [Polygenesis of diamonds in connection with the problem of primary placers of the northeast of the Siberian platform]. Doklady Akademii nauk. 1998, V.361, No.3, P.366–369.
5. *Afanas'yev V.P., Zinchuk N.N., Loginova A.N.* Osobennosti raspredeleniya rossypnykh almazov, svyazannykh s dokembriyskimi istochnikami [Features of the distribution of placer diamonds associated with Precambrian sources]. Zapiski Rossiyskogo mineralogicheskogo obshchestva. 2009, T.138, No.2, P.1–13.
6. *Afanas'yev V.P., Zinchuk N.N., Tychkov P.A.* Problema almazonosnosti Sibirskoy platformy [The problem of diamond content of the Siberian platform]. Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologiya. 2002, No.1, P.19–36.
7. *Vasilenko V.B., Zinchuk N.N., Kuznetsova L.G.* Geodinamicheskiy kontrol' razmeshcheniya kimberlitovykh poley tsentral'noy i severnoy chastey Yakutskoy kimberlitovoy provintsii (petrokhimicheskiy aspekt) [Geodynamic control of the placement of kimberlite fields in the central and northern parts of the Yakut kimberlite province (petrochemical aspect)]. Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologiya. 2000, No.3 (9), P.37–55.
8. *Vasilenko V.B., Tolstov A.V., Kuznetsova L.G., Minin V.A.* Petrokhimicheskiye kriterii almazonosnosti kimberlitovykh mestorozhdeniy Yakutii [Petrochemical criteria for the diamond content of kimberlite deposits in Yakutia]. Geokhimiya. 2010, No.4, P. 366–376.
9. *Zinchuk N.N.* Sravnitel'naya kharakteristika veshchestvennogo sostava kory vyvetrivaniya kimberlitovykh porod Sibirskoy i Vostochno-Yevropeyskoy platformy [Comparative characteristics of the material composition of the weathering crust of kimberlite rocks of the Siberian and East European platforms]. Geologiya i geofizika. 1992, No.7, P.99–109.
10. *Zinchuk N.N., Boris Ye. I., Yanygin Yu. B.* Osobennosti mineragenii almaza v drevnikh osadochnykh tolshchakh (na primere verkhnepaleozoyskikh otlozheniy Sibirskoy platformy) [Peculiarities of diamond mineralogeny in ancient sedimentary strata (on the example of the Upper Paleozoic sediments of the Siberian platform)]. Moscow, MGT publ. 2004, 172 P.
11. *Zinchuk N.N., Zuyev V.M., Koptil' V.I., Chornyy P.D.* Strategiya vedeniya i rezul'taty almazoposkovykh rabot [The strategy of conducting and results of diamond prospecting works]. Gornyy vestnik. 1997, No.3, P.53–57.
12. *Zinchuk N.N., Koptil' V.I., Boris Ye. I., Lipashova A.N.* Tipomorfizm almazov iz rossypey Sibirskoy platformy kak osnova poiskov almaznykh mestorozhdeniy [Typomorphism of diamonds from placers of the Siberian platform as the basis for the search for diamond deposits]. Rudy i metally. 1999, No.3, P.18–30.
13. *Zinchuk N.N., Mel'nik Yu. M., Serenko V.P.* Apokimberlitovyye porody [Apokimberlite rocks]. Geologiya i geofizika. 1987, No.10, P.66–72.
14. *Zinchuk N.N., Savko A.D., Kraynov A.V.* Kimberlity v istorii Zemli [Kimberlites in the history of the Earth]. Trudy NII geologii VGU. Issue 68. Voronezh, VGU publ. 2013, 99 P.
15. *Mal'tsev M.V., Tolstov A.V., Fomin V.M., Starkova T.P.* Novoye kimberlitovoye pole v Yakutii i tipomorfnyye osobennosti yego mineralov-indikatorov [A new kimberlite field in Yakutia and typomorphic features of its indicator minerals]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Geologiya. 2016, No.3, P. 86–94.
16. *Orlov Yu. L.* Mineralogy of diamond [Mineralogy of diamond]. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow, Science publ. 1984, 264 p.
17. *Simonenko V.I., Tolstov A.V., Vasil'yeva V.I.* Novyy podkhod k geokhimicheskim poiskam kimberlitov na zakrytykh territoriyakh [A new approach to the geochemical prospecting of kimberlites in closed territories]. Razvedka i okhrana nedr. 2008, No.4–5, P. 108–112.
18. *Khitrov V.G., Zinchuk N.N., Kotelnikov D.D.* Primeniye klasteranaliza dlya vyyasneniya zakonomernostey vyvetrivaniya porod razlichnogo sostava [The use of cluster analysis to elucidate the patterns of weathering of rocks of various compositions]. Doklady AN SSSR. 1987, V.296, No.5, P.1228–1233.
19. *Grachanov P.A., Zinchuk N.N., Sobolev N.V.* The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform // Doklady Earth Science. 2015, V.465, No.2, P.1297–1301.
20. *Serov I.V., Garanin V.K., Zinchuk N.N., Rotman A.Ya.* Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform // Petrology. 2001, V.9, No.6, P.576–588.