

О ДРЕВНИХ ИСТОЧНИКАХ АЛМАЗОВ В РОССЫПЯХ

Н.Н. ЗИНЧУК

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

Обобщение фактического материала по комплексному изучению алмаза позволило получить новые данные по особенностям его состава и распространения в современных и древних отложениях основных алмазоносных районов Лено-Анабарской, Центрально-Сибирской и Тунгусской субпровинций. На северо-востоке Сибирской платформы наиболее интересен район Кютунгдинского грабена и прилегающих к нему территорий, перспективных на открытие богатых кимберлитовых тел со специфическими алмазами. Особое внимание уделено Центрально-Сибирской 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. Комплекс особенностей алмазов из россыпей описываемой платформы по морфологии, окраске, твёрдым включениям, внутреннему строению, фотолюминесценции и примесному составу свидетельствует о множественности первоисточников и наличию в пределах многих алмазоносных районов ещё не открытых кимберлитовых тел. Важное значение имеет использование типоморфных особенностей кристаллов для восстановления экзогенной истории алмазов на пути от коренных источников до мест современного нахождения в россыпях, для палеогеографических реконструкций распространения древних продуктивных толщ и выяснений направлений сноса алмазоносного материала. Установленная в отдельных алмазоносных районах близость типоморфных особенностей алмазов в осадочных толщах этих возрастов свидетельствует о формировании вторичных коллекторов за счет размыва более древних (в том числе докембрийских) продуктивных толщ или среднепалеозойских коренных источников. Отмечена полигенность минералогических ассоциаций алмазов из разновозрастных россыпей в пределах отдельных алмазоносных районов, что можно использовать при прогнозировании и поисках коренных источников минерала.

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

ABOUT ANCIENT SOURCES OF DIAMONDS PLACERS

N.N. ZINCHUK

West-Yakutian Scientific Centre of RS (Y) AS
16, Chernischevski highway, Mirny 678175, Yakutiya, Russia
nnzinchuk@rambler.ru

Basing on generalization of large actual material on complex investigation of diamond, its characteristic in Upper Paleozoic and Mesozoic sedimentary thick layers of the Siberian platform has been provided. It has allowed receiving new data on composition features and distribution of diamond in recent sediments of main diamondiferous regions of Lena-Anabar, Central-Siberian and Tungusskaya sub-provinces. On the north-east of Siberian platform, the region of Kyutyungdinsky graben and nearby territories, perspective for the discovery of rich kimberlite bodies with specific diamonds, are of the most interest. Special attention has been paid to the Central-Siberian sub-province, where it has been convincingly shown that the area of development of individual diamond macro-associations is limited by a specific diamondiferous region, within which complexes of different in age terrigenous and coastal Upper Paleozoic and Mesozoic sediments are developed. The complex of features of diamonds from placers of the described platform testifies by morphology, coloration, hard inclusions, internal structure, photoluminescence and admixture composition about plurality of primary sources and availability of still undiscovered kimberlite bodies within many diamondiferous regions. Application of typomorphic features of crystals for restoration of exogenous history of diamonds on the path from primary sources to the sites of modern allocation in placers, as well as for paleogeographical reconstructions of distribution of ancient productive thick layers and clarification of diamondiferous material drift direction, has a significant importance. Proximity of typomorphic features of diamonds in sedimentary thick layers of these ages, identified in some diamondiferous regions, testifies about formation of these collectors due to washout of more ancient productive layers or Middle Paleozoic primary sources. Polygeny of mineralogical associations of diamonds from different in age placers within some diamondiferous regions has been noted, which may be successfully used when forecasting and prospecting primary sources of the mineral.

Keywords: Upper Paleozoic and Mesozoic sediments; Siberian platform; diamond and diamondiferous placers.

При изучении алмазных россыпей очень важно наряду с оценкой полезного компонента определять генетические характеристики кристаллов, разделяя их поставщики и по возрастным признакам. Проявления докембрийской продуктивности установлены для многих алмазоносных регионов мира [1, 6–13, 16, 17]. При этом число известных коренных источников алмазов докембрийского возраста достаточно ограничено [15]. Это связано с рядом причин: перекрытием древних коренных источников более молодыми отложениями; возможной большой величиной эрозионного среза, из-за которой на уровне верхней эрозии тел могут обнаружаться лишь незначительные по площади корневые части; возможной сильной измененностью первичных пород либо их необычным составом и т. д. Более широко представлены докембрийские россыпи алмазов [1, 12]. Во многих случаях алмазы этих россыпей имеют высокое качество, благодаря чему такие алмазопоявления являются рентабельными даже при невысоком содержании алмазов. Докембрийские алмазоносные формации мира основаны по комплексу «признаков древности» алмазов, включающих: а) своеобразный морфологический спектр алмазов, характеризующийся преобладанием округлых ромбододекаэдроидов, а также повышенное по сравнению с фанерозойскими источниками количество кубоидов; б) наличие скрытокристаллических разновидностей алмаза — карбонадо и балласов, присущих только месторождениям докембрийского возраста; в) зелёная окраска поверхностного слоя кристаллов и присутствие зелёных и бурых пятен пигментации, причиной появления которых является радиационное облучение алмазов в природных условиях и нагрев, вследствие которого зелёные пятна пигментации становятся коричневыми; г) наличие алмазов, инкрустированных кварцем или заключённых в оболочку из мелкокристаллического кварца, претерпевших метаморфизм вмещающих пород; д) значительный механический износ, выраженный в появлении выколок, серповидных и кольцевых трещин, ромбической сеточки трещин на поверхности кристаллов; е) повышенная крупность и высокое качество алмазов как результат сортировки при формировании древних прибрежно-морских россыпей; ж) ожелезнение кристаллов по поверхностным микротрецинам, вплоть до образования гематитовых оболочек и примазок оксидов марганца, свидетельствующее о пребывании алмазов в условиях корообразования [5–9]. Комплекс «признаков древности» сыграл большую роль в двух отношениях: а) им впервые была показана специфика докембрийской алмазоносности; б) он дал возможность выделять среди алмазов фанерозойских (в том числе современных) россыпей алмазы, переотложенные из докембрийских россыпей. К числу важнейших признаков происхождения алмазов

из докембрийских источников указано тяготение повышенных концентраций алмазов с «признаками древности» к выступам докембрийского фундамента древних платформ — на Сибирской платформе (СП) это Алданский и Анабарский щиты (рис. 1), Оленекское и Уджинское поднятия в Якутской алмазоносной провинции (ЯАП), а также Енисейский кряж.

Исследованиями показана полезность данных критериев для выделения алмазов, потенциально связанных с докембрийскими источниками, хотя все они относятся к категории косвенных [8]. По отдельности большинство из них свойственно и алмазам из россыпей, сформированным за счёт фанерозойских источников [9]. За последнее время существенно расширился феноменологический и концептуальный базис для оценки перспектив докембрийской алмазоносности. По результатам изучения россыпей северо-востока СП обосновано [1, 8, 11–13] наличие в них групп алмазов (рис. 2 и 3), полностью отсутствующих в фанерозойских кимберлитах, V и VII разновидности по классификации Ю.Л. Орлова [14] или содержащихся в кимберлитах в несопоставимо меньших количествах, чем в россыпях (II разновидность, скрытоламинарные округлые ромбододекаэдроиды бразильского или уральского типа). Эти обстоятельства, а также необычность некоторых особенностей (изотопически легкий состав углерода алмазов V и VII разновидностей, преобладание кристаллов эклогитовых парагенезисов, высокая степень механического износа, недостижимая в фанерозойских условиях россыпнеобразования и ряд других) позволили предполагать [3, 8] происхождение алмазов из докембрийских источников двух типов: а) тип кимберлитов или лампроитов, из которых могут происходить округлые ромбододекаэдроиды; б) неизвестные типы источников, из которых происходят алмазы V, VII и II разновидностей [9–10]. Алмазы V и VII разновидностей распространены только в россыпях северо-востока СП, что даёт основание предполагать эндемичность их источников. Все потенциально докембрийские алмазы могли пройти через протерозойские прибрежно-морские россыпи. Это обстоятельство, а также более поздние физико-химические изменения, обусловили уменьшение или полное уничтожение индикаторных минералов кимберлитов (ИМК) коренных источников алмазов. Достоверно не выделены минералы — парагенетические или парастерические спутники этих алмазов, а кимберлитовые минералы (гранаты, пикроильмениты и хромшпинелиды) происходят из молодых кимберлитов и являются лишь гидравлическими попутчиками потенциально докембрийских алмазов [1, 15]. Несмотря на гипотетический характер указанных предпосылок докембрийской алмазоносности, они позволяют непротиворечиво соединить данные по алмазонос-

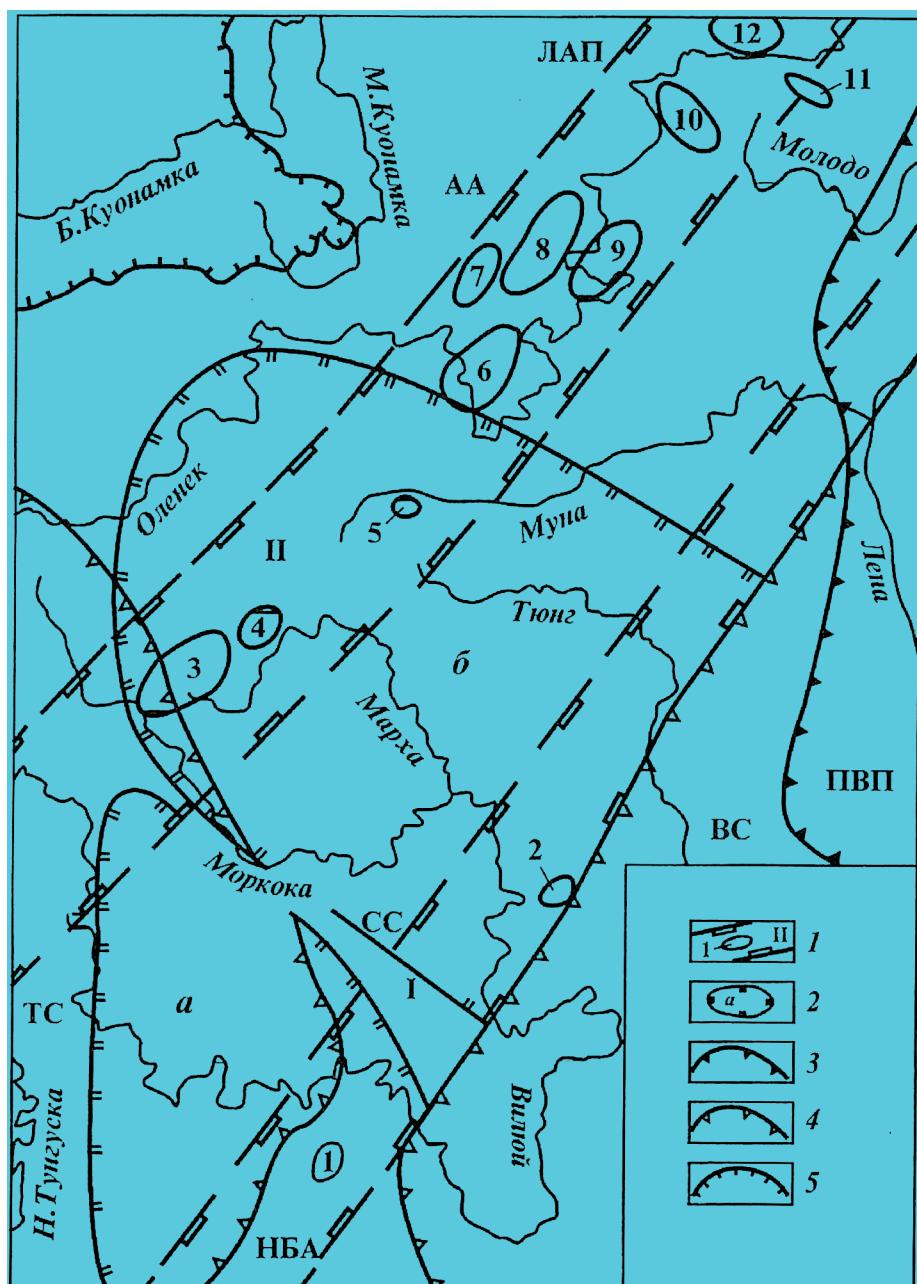


Рис. 1. Структурно-тектоническая схема Якутской кимберлитовой провинции (по Ф.Ф. Брахфогелю [8] с дополнениями автора): 1 – минерагенические зоны: I – Вилуйско-Мархинская, II – Далдыно-Оленекская; кимберлитовые поля: 1 – Мириńskое, 2 – Накынское, 3 – Алакит-Мархинское, 4 – Далдынское, 5 – Мунское, 6 – Чомурдахское, 7 – Западно-Укукитское, 8 – Восточно-Укукитское, Огонер-Юряхское, 10 – Мерчимденское, 11 – Толупское, 12 – Куйкское; 2 – архейские кратоны: а – Ботубинский, б – Тюнгский; 3 – границы прогибов (ПВП – Предверхоянский, ЛАП – Лено-Анабарский); 4 – границы синеклиз (ВС – Вилуйская, ТС – Тунгусская); антиклизы (НБА – Непско-Ботубинская, АА – Анабарская) и Сюгджерской седловины; 5 – граница выходов кристаллических пород фундамента на поверхность

ности СП, не находящие объяснения в концепции исключительно фанерозойской или только кимберлитовой продуктивности, и расширить представления о структурно-тектонической позиции россыпей и россыпепроявлений потенциально докембрийских алмазов.

Распределение алмазов из предполагаемых типов докембрийских коренных источников СП различается весьма значительно. Алмазы V и VII раз-

новидностей распространены только в россыпях северо-востока платформы, причем их суммарное число может достигать [1, 8, 15] половины продукции россыпи (россыпи р. Эбелях). Однако на более южных участках их доля быстро уменьшается и южнее р. Мун алмазы этих разновидностей практически не встречаются. Не обнаружены они и на западном — юго-западном обрамлении Анабар-

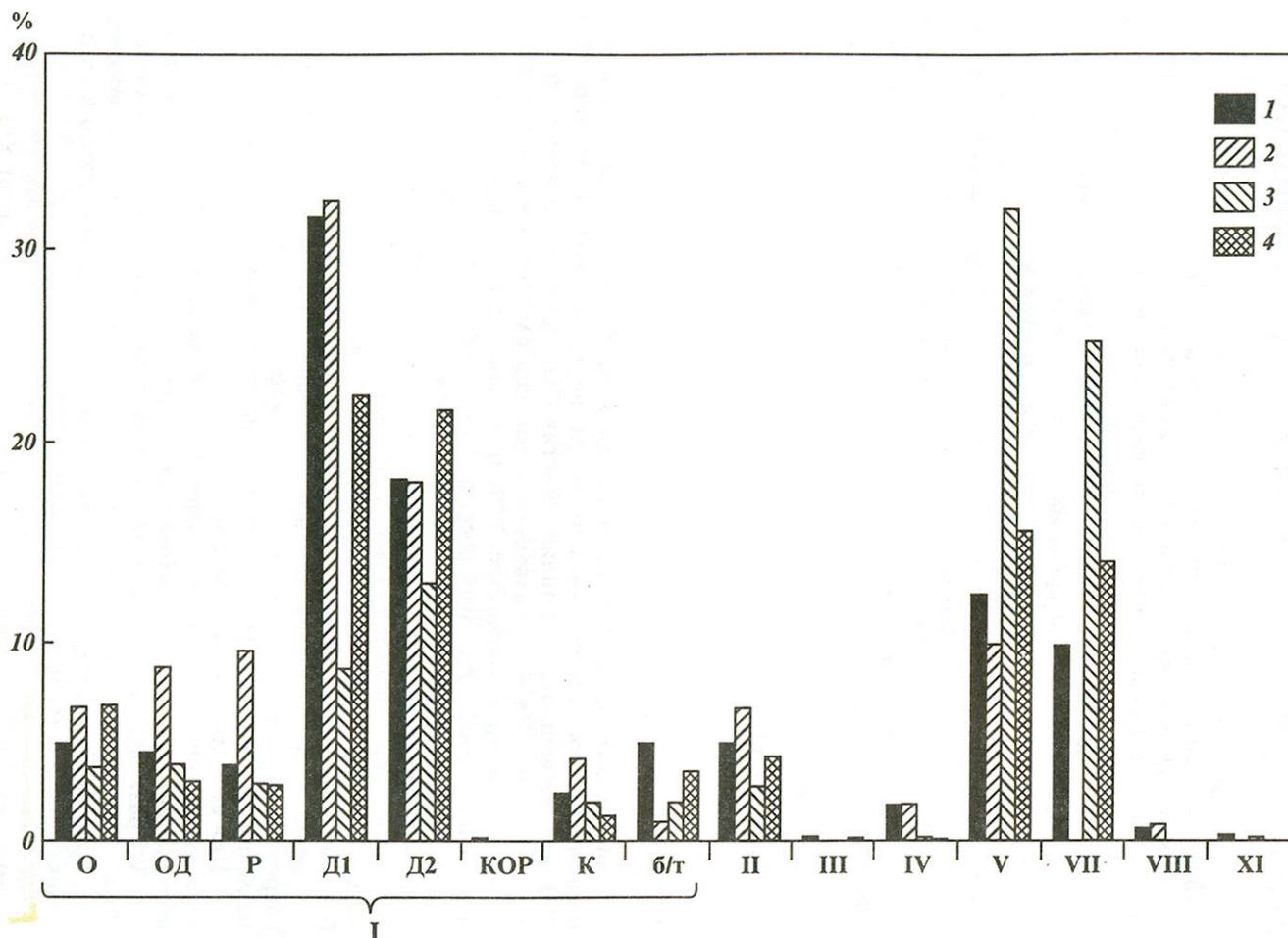


Рис. 2. Типоморфные особенности алмазов из современных россыпей Анабарского алмазоносного района: I–V, VII, VIII, XI – разновидности алмазов, по Ю.Л. Орлову [14] (О – октаэдры, ОД – переходные формы, Р – ламинарные ромбододекаэдры, Д1 – додекаэдры скрытослойистые, Д2 – додекаэдры с шагренью, КОР – куборомбододекаэдры, К – кубы, б/т – осколки), 1–4 – поля: 1 – Майат-Уджинское, 2 – Куонапское, 3 – Нижнеэбеляхское (участок Ырас-Юрэх), 4 – Верхнеэбеляхское (участок Исток)



Рис. 3. Алмазы из неоген-современной россыпи Верхний Биллях (Эбеляхское поле)

юге платформы в Иркутской области (рис. 4). В литературе не описаны подобные алмазы в других алмазоносных регионах мира. Имеются описания алмазов V разновидности из различных районов и источников [5–6], однако эти алмазы диагностированы только по физиографическим признакам [3–5], а по комплексу типоморфных особенностей

(изотопный состав углерода, структура, физические особенности) отличаются от аналогичной группы алмазов из россыпей северо-востока СП [8–9]. Это позволяет полагать, что распространённые на северо-востоке СП алмазы V и VII разновидностей принадлежат к одному генетическому типу и являются эндемичными [1, 8].



Рис. 4. Алмазы из современных отложений р. Нижняя Тунгуска



Рис. 5. Алмазы р. Тунг (Муно-Тунгский алмазоносный район)

Алмазы II разновидности более распространены и в незначительных количествах их можно обнаружить как в россыпях, так и в фанерозойских кимберлитах в разных частях платформы, однако максимальные концентрации этих алмазов (до 50% от общего количества) также характерны для северо-восточной части платформы, где тяготеют к выступам докембрия. Наиболее широко распространены округлые ромбододекаэроиды I разновидности, по классификации Ю.Л. Орлова [14]. В переменных количествах они встречаются в россыпях по всей территории платформы, тяготея к выступам докембра [1, 5, 8]. При этом практически всегда округлые алмазы имеют повышенный размер (крупнее 1 мм), что связано [10–13] с гидравлической сортировкой при формировании протерозойских прибрежно-морских коллекторов, из которых они переотлагались в более молодые отложения. Если в россыпях преобладают мелкие кристаллы (менее 1 мм), шансы встретить среди них округлые потенциально докембрийские алмазы невелики. Нередко в россыпях встречается смесь кристаллов различных разновидностей (рис. 5). В россыпи р. Тычан (Тычанский алмазоносный район, Красноярский край), характеризующейся повышенной крупностью минералов, округлые потенциально докембрийские алмазы составляют 30–40%, тогда как в россыпи Тарыдакская того же района, содержащей мелкие образования, таких кристаллов не обнаружено [6–8]. Не встречены такие кристаллы и в россыпи Дьюкунахская в верховьях р. Аламджа (приток р. Вилой). Все эти россыпи формировались в прибрежно-морских условиях [1, 6] и имеют хорошую гидравлическую сортировку ИМК, которая и обеспечила накопление потенциально докембрийских алмазов вместе с фанерозойскими кимберлитовыми кристаллами в россыпях с крупными гранулометрическими классами и отсутствие на перспективных участках с мелкими зёренами минерала. Есть все основания констатировать, что округлые потенциально докембрийские алмазы распространены в качестве минералогического фона по всей СП. Именно такие алмазы содержатся [7–9] в лампроитовых жилах Ингашинского поля в Восточном Саяне, имеющих протерозойский возраст (1268 ± 12 млн. лет). Округлые алмазы распространены в мире повсеместно, причем во многих случаях они достоверно связаны [8, 11, 15] с докембрийскими коренными источниками и россыпями (трубка Маджаван и протерозойские россыпи в Индии; дайковый кимберлитовый комплекс с возрастом 1200–1400 млн. лет и россыпепроявления в докембрийских формациях Тортя, Лекор, Бирим в Западной Африке; алмазоносные филлиты и докембрийские россыпи в Бразилии).

Различия в распределении алмазов указанных групп на СП подчеркиваются коэффициентами

корреляции, характеризующими их связь в россыпях между собой. Коэффициент корреляции распределения V и VII разновидностей составляет +0,67, что дополнительно свидетельствует [8–9] об их генетическом родстве и происхождении из общего источника (источников). Коэффициент корреляции между V+VII и II разновидностями составляет +0,05, т. е. эти группы полностью независимы и происходят из разных источников. Коэффициент корреляции между V+VII разновидностями и округлыми алмазами составляет –0,55. Высокая отрицательная корреляция отражает локальность распределения V+VII групп на фоне повсеместного по СП нахождении округлых алмазов: по мере снижения доли первых растёт доля округлых алмазов, что свидетельствует о независимости источников последних. Из этого следует, что все три указанные группы алмазов имеют свои типы коренных источников (наиболее вероятно, докембрийского возраста) и различаются по характеру распределения.

Тяготение максимумов распределения алмазов V, VII и II разновидностей к выступам докембра на северо-востоке СП достаточно очевидно. Вместе с ними здесь присутствуют округлые ромбододекаэроиды, распространённые и в Красноярском крае (Тычанский район), где их появление можно соотнести с размывом протерозойских отложений на Енисейском кряже [7–9], связанные с размывом выступов докембра в Восточном Саяне, где располагаются также пока единственные известные на платформе докембрийские алмазоносные лампроиты Ингашинского поля [12–13]. Менее известны алмазы в отложениях Алданского кристаллического щита (АКЩ), где в начале 50-х гг. XX в. были найдены [1–3] два алмаза в устье руч. Трудовой (приток р. Джеконда) при обогащении 14000 м³ образований золотой россыпи и целика аллювия. Оба алмаза имеют признаки механического износа в форме «леденцовых скульптур» (механогенная полировка рёбер и вершин) и по комплексу «признаков древности» соответствуют докембрийским алмазам. В устье руч. Трудовой дренируются прибрежно-морские отложения юдомской свиты (венд), которые возможно и служат коллектором алмазов, в котором отсутствуют ИМК и свидетельствует о потенциальной алмазоносности АКЩ. При этом ИМК на территории щита не обнаружены, а изучение многочисленных трубочных и дайковых тел основного и ультраосновного составов мезозойского возраста на данной территории не выявило алмазоносность таких тел. Предполагается [1, 8, 13, 15], что находки алмазов на территории АКЩ связаны с докембрийскими коренными источниками (типа кимберлитов или лампроитов), алмазы которых попадают в современный аллювий через протерозойские (вендинские) прибрежно-морские коллекторы.

Более сложно интерпретировать появление повышенной доли округлых ромбододекаэроидов в тех случаях, когда выступы докембрия не картируются на дневной поверхности. Так, к районам, для которых характерно повышенное число округлых ромбододекаэроидов, относится Приленский район [5, 8, 11–13]. В небольших количествах на этой территории встречены (до 10 %) алмазы V, VII и кристаллы II (до 11 %) разновидностей. Доля округлых алмазов здесь повышается до 70% и наиболее характерны они для россыпей Среднего Молодо и Моторчуны ЯАП, где они имеют «признаки древности», заключающиеся, помимо габитуса, в форме повышенного механического износа, зеленой пигментации, матировки, связанной с термическим воздействием, повышенной крупности и высокого качества [8, 12]. Выступов докембрия, с которыми можно было бы связать данные алмазы, здесь не закартировано. Однако имеются сведения [11–13, 15], что к началу накопления образований мезозоя, в течение которого сформировался современный структурный план территории, граница платформы пролегала восточнее современной, а на месте Ленского отрезка Приверхоянского краевого прогиба располагался крупный выступ докембрийского фундамента, долгое время служивший областью сноса терригенного материала (в том числе ал-

мазов) на запад в сторону платформы и на восток в Верхоянскую геосинклиналь [5, 13]. В настоящее время выступ погружен под мезозойские отложения, хотя до формирования прогиба он в значительной мере определял минерагению Приленской области СП.

Повышенная доля округлых алмазов обнаруживается в некоторых россыпях центральной части ЯАП. Так, их доля в аллювии р. Вилюй выше устья р. Малая Ботуобия составляет 20,4%. Алмазы здесь были обнаружены в 50-е гг. XX в. при использовании больших объемов опробования (аналогично Алданскому району). Ниже устья р. Малая Ботуобия концентрация алмазов в аллювии резко возрастает, а их морфологический спектр соответствует (рис. 6) кимберлитам Малоботуобинского алмазоносного района (МБАР). Алмазы р. Вилюй выше устья Малой Ботуобии представляют собой фон, который можно обнаружить лишь большими объемами опробования, тогда как ниже устья этой реки характер ассоциации алмазов полностью определяется кимберлитами Мирнинского кимберлитового поля (МКП), имеющими алмазы преимущественно октаэдрического габитуса; фоновые округлые алмазы выявлены и здесь, но играют незначительную роль по сравнению с алмазами из местных кимберлитов. Промышленные кимберли-

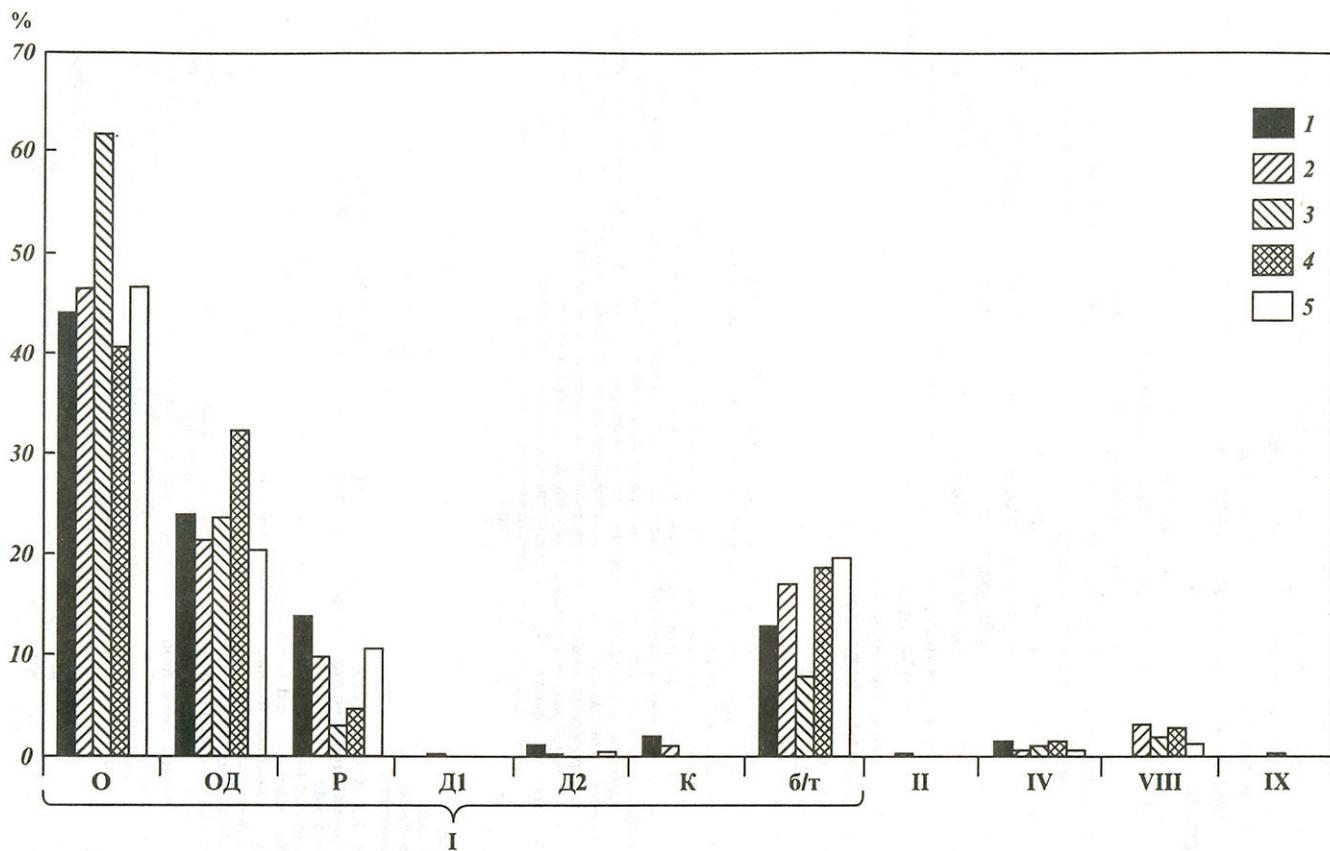


Рис. 6. Типоморфные особенности алмазов из россыпей МБАР: I, IV, VIII, IX — разновидности алмазов, по Ю.Л. Орлову [14]; усл. обозн. см. рис. 2; 1—5 — участки: 1 — Улахан-Еленгский, 2 — Глубокий, 3 — Солур, 4 — Куранахский, 5 — Таборный

ты МКП, в значительной мере определяющие россыпную алмазоносность региона, не могли служить источником округлых алмазов. Однако не исключена связь последних с Сунтарским выступом докембрийских пород, в настоящее время перекрытых мезозойскими отложениями незначительной мощности. Поэтому помимо выступов докембра, экспонированных в настоящее время на дневной поверхности, необходимо учитывать и выступы, перекрытые мезозойскими или верхнепалеозойскими отложениями, поскольку они могли служить источниками докембрийских алмазов, впоследствии неоднократно переотлагавшихся во все более молодые отложения. Практически со всеми выступами фундамента связаны потенциально докембрийские алмазы, что позволяет предполагать распространенность таких кристаллов под палеозойским осадочным чехлом.

Кроме древних платформ, где находки алмазов не вызывают сомнения, минерал встречается в складчатых областях, где его поверхность обычно имеет мелкобугорчатый рельеф, обусловленный взаимодействием с магматическим расплавом (протомагматический рельеф). Более поздним элементом рельефа в таких случаях являются бесчисленные мелкие каналы травления, развитые по всей поверхности кристалла. Эти морфологические особенности характерны для глубинного этапа морфогенеза алмаза. Кристаллы подобной формы не являются необычными и встречаются даже среди именных камней, добывших из кимберлитов. Следующий этап морфогенеза, который можно выделить [8] при изучении алмаза, связан с экзогенными условиями его существования. Основной его формой является механический износ, выраженный в приподировке поверхности, сглаживании контрастных элементов рельефа, округлении и завальцовке устьев каналов травления. Степень износа может быть оценена как средняя. Износ такого типа не образуется на алмазах в аллювиальных условиях, но характерен для прибрежно-морских условий формирования россыпей как для докембрийских, так и фанерозойских [8, 12]. Местами на поверхности кристалла наблюдается ромбическая сеточка мелких трещинок по спайности. По поверхности алмаза развиты мелкие зелёные пятна пигментации с размытыми контурами. Из наблюдаемых кристалло-морфологических особенностей наиболее важное значение для установления происхождения алмазов в таких россыпях можно отметить следующие [1, 15]: а) повышенная степень механического износа; износ такой степени характерен для алмазов из прибрежно-морских россыпей и не мог осуществиться в аллювиальных условиях; б) ромбическая сеточка трещин, являющихся «признаком древности» и встречающихся на алмазах из докембрийских или потенциально докембрийских россыпей северо-востока СП, Урала, Китая, Индии, Бра-

зилии и других регионов. Возникновение трещинок объясняется хрупкой релаксацией поверхностных напряжений, обусловленных соударениями с твёрдыми частицами в процессе формирования древней россыпи, под действием более поздних физико-химических факторов; в) пятна пигментации, входящие в комплекс «признаков древности» и наиболее характерны для алмазов из докембрийских россыпей. Каждый из указанных морфологических признаков сам по себе может встречаться на алмазах из россыпей разного возраста. Однако в комплексе они с высокой степенью вероятности свидетельствуют о докембрийском возрасте россыпей. Поэтому можно предполагать [1, 8] происхождение таких алмазов из докембрийских алмазоносных прибрежно-морских россыпей.

Имеются сведения [1, 12] о находке в верховьях р. Мома (правый приток р. Индигирка) «алмазной породы». Данный район представляет собой мезозойское складчатое обрамление Колымского платформенного блока. Наиболее вероятно такая порода представляет собой осадочный алмазоносный коллектор, который может иметь как докембрийский (протерозойский) возраст, так и более молодой, если алмазы были переотложены из древнего осадочного коллектора. Подобная ситуация известна [1, 12] в Китае в провинции Хунань, где алмазы найдены в середине XIX в. в русловых отложениях реки Юаньцзян, а в настоящее время здесь эксплуатируется россыпное месторождение Чандэ. Изучено 112 алмазов из аллювиальных отложений бассейна этой реки [1]. Китайские геологи делят алмазоносные участки на «ореолы» (где алмазы встречаются в сопровождении ИМК — пиропов и хромитов) и «россыпи» (где алмазы не сопровождаются кимберлитовыми или лампроитовыми минералами, а их основным гидравлическим спутником является диаспор, происходящий из пермской латеритной коры выветривания (КВ)). И в ореолах, и в россыпях выделяются алмазы с «признаками древности», выраженными в габитусе (округлые додекаэроиды и октаэроиды), механическом износе, разнообразных следах удара в форме ромбической сеточки трещин, колыцевых и серпообразных трещинок попёрок псевдорёбер додекаэроидов и октаэроидов, многие кристаллы имеют радиационную окраску (сплошную зеленоватую либо пятнистую пигментацию). В «ореолах» к ним добавляются (преимущественно в мелких гранулометрических классах) кристаллы октаэдрического габитуса, не обладающие характерными «признаками древности» и связанные, возможно, с фанерозойскими источниками (здесь известны 25 жильных и трубочных тел лампроитов среднепалеозойского возраста, однако алмазоносных тел пока не найдено). Россыпные алмазы китайские крестьяне добывают на своих рисовых полях в долинах рек, выкапывая глубокие ямы. Происхождение россы-

пи Чандэ связано [1, 13] с размывом докембрийского осадочного коллектора, выведенного на поверхность в мезозойских складчатых сооружениях на территории провинции и вторичного обогащения в современных русловых отложениях.

Россыпи алмазов обнаружены [1, 12] в последние годы в Мьянме (Бирма) в пределах мезозойской Бирмано-Малайской складчатой системы. Среди алмазов преобладают округлые ромбододекаэроиды, средний вес кристаллов около 0,3 карата, но есть и крупные; более чем 50% кристаллов имеют на поверхности зелёные и бурые пятна пигментации, характерен механический износ. В районе находок алмазов обнажается широкий возрастной спектр пород, начиная с архейских. Сделано предположение [1, 13] о магматическом первоисточнике алмазов (скорее лампроитовом, чем кимберлитовом), но отмечается, что кристаллы попали в современные отложения через промежуточный коллектор. Возраст промежуточного коллектора не уточняется, отмечается лишь длительная аллювиальная история алмазов. Однако по описаниям алмазов и фотографиям видно [12], что они в максимальной степени соответствуют «признакам древности», и в соответствии с развиваемой нами [1] концепцией, происходят из докембрийской прибрежно-морской россыпи, возраст коренных источников которой также докембрийский. Поддерживая имеющуюся точку зрения о лампроитовом характере этих источников, можно ссылаться как на миоценовые лампроиты поля Эллендейл в Австралии, так и на кимберлит-лампроитовую трубку Маджаван в Индии, алмазы которой очень похожи на аналогичные кристаллы Мьянмы. Важно отметить, что алмазы Мьянмы сопровождаются в россыпях рубинами и сапфирами. Алмазы, представляющие собой крупные ромбододекаэроиды, добываются как попутный продукт вместе с кассiterитом со дна моря в районе о. Пхукет в Таиланде на продолжении той же Бирмано-Малайской складчатой системы к югу от Мьянмы [15–17]. И здесь наиболее вероятным источником алмазов является древний коллектор, выведенный на дневную поверхность. Древние алмазы могут пройти через несколько периодов переотложения, в результате чего их источником в складчатых областях могут быть не докембрийские, а более молодые отложения. Вероятно, такая ситуация имеет место [15, 17] на о. Калимантан (Борнео). Здесь развита мезозойская складчатость, характерная для всей юго-восточной Азии. В западной и юго-западной частях острова уже несколько веков известны аллювиальные россыпи алмазов, коренные источники которых неясны. Среди алмазов доминируют октаэдры (вероятно, октаэроиды) и ромбододекаэдры (округлые ромбододекаэроиды). Значительная часть из них (особенно в западной части острова) имеет признаки механического износа. Глав-

ным гидравлическим спутником алмазов является диаспор и корунд, а также корундо-диаспоровые породы «леборштейны». Для суждения об источниках алмазов важны два обстоятельства: а) механический износ алмазов; б) характер гидравлических спутников. По поводу первого можно утверждать, что в аллювиальных условиях небольших рек, развитых на острове, износ алмазов осуществляться не может. Следовательно, алмазы попадали в современный русловой аллювий при дренировании более древних коллекторов, которыми могут быть позднемеловые конгломераты с редкими алмазами. Следует отметить, что диаспор является [1] гидравлическим спутником алмазов в упоминавшихся выше россыпях реки Юаньцзян в провинции Хунань (Китай) и связан с пермской КВ. Корунд в большом количестве встречается в пределах выступа докембрийских метаморфических пород на территории плато Контум в Центральном Вьетнаме.

Аналогичным образом можно анализировать алмазоносность мезозойской складчатости о. Суматра, запада США (Калифорния, Орегон), а также горной системы Аппалачей [12]. Алмазы Урала также являются [1, 8, 15] докембрийскими, поскольку, по данным [5, 10, 12], они имеют типичные «признаки древности» и весьма похожи на кристаллы из протерозойских россыпей района Панна или Вайджаракарур (Индия). Так называемые туффизиты Урала, объявленные коренными источниками алмазов [13], не могут быть таковыми хотя бы потому, что их кристаллы имеют признаки механического износа в виде «леденцевых поверхностей», являющихся результатом механической полировки алмазов в процессе формирования древних россыпей [1, 8].

Перечисленных примеров достаточно для того, чтобы показать высокую реальность появления алмазов с «признаками древности» в складчатых областях за счёт размыва древних промежуточных коллекторов. Разумеется, россыпная гипотеза не может рассматриваться безальтернативно. Алмазы могут поступать и из коренных источников различного возраста как фанерозойских, так и докембрийских, как лампроиты Ингашинского поля в Восточном Саяне. Однако знание минералогии алмазов и их экзогенных изменений позволяет даже по единичным кристаллам во многих случаях сделать выбор [8, 11] в рамках альтернативы «коренной источник — древняя россыпь». Имеются сведения о находках крупных алмазов ювелирного качества (два потенциальных «признака древности») на территории Казахстана, а также в горах Тянь-Шаня. По проблеме алмазоносности Казахстана в основном рассматриваются только гипотезы относительно возможных коренных источников алмазов. Наряду с известным месторождением метаморфогенных алмазов Кумдыколь (Кокчетавский массив) в

качестве источников предполагаются пермские базальты, разнообразные магматиты, содержащие ксенолиты предположительно алмазоносных мантийных пород, блоки «алмазного слоя» мантии, выброшенные на поверхность в связи с формированием гигантских астроблем (гиаблем), докембрийские полиметаморфиты, кимберлиты и лампроиты без указания возраста. Некоторые из этих источников действительно алмазоносны (в частности нижнетриасовые субшелочные оливиновые базальты Кастикского хребта), однако их алмазы мелкие (0,02–0,2 мм) с разнообразной морфологией, жёлтого и желтовато-зелёного цвета. Реальным источником ювелирных алмазов могут быть [8, 15] древние осадочные коллекторы, дренируемые в горах. Их алмазы могут иметь разный генезис (наиболее вероятно кимберлитовый или лампроитовый), но в данном случае важен не только тип коренного источника, а и особенности поисковой обстановки, определяющие геологическую позицию этих кристаллов, возможности и ограничения поисков их коренных источников. При этом сами алмазы могут ответить [1, 8] на вопрос, из коренного источника или из древней россыпи они появились на дневной поверхности.

Таким образом, проведённые исследования и анализ опубликованного по данной проблеме материала позволяют утверждать, что алмазы в россыпях из докембрийских источников могут занимать различную геологическую позицию: а) находится в докембрийских отложениях как на древних платформах, так и в более молодых складчатых системах, сформированных на древнем платформенном основании; б) присутствовать в фанерозойских и современных россыпях, сформированных за счёт размыва докембрийских пород в пределах выступов докембра на платформах; в) находится в современных россыпях, сформированных за счёт размыва выходов докембрийских коллектиров в фанерозойских складчатых системах, сформированных на древнем платформенном основании; г) появляться в фанерозойских отложениях как результат переотложения из докембрийских коллектиров; д) встречаться либо самостоятельно, сопровождаясь лишь гидравлическими спутниками, либо в сопровождении алмазов и индикаторных минералов из фанерозойских кимберлитов. Поэтому находки алмазов в древних и современных россыпях необходимо рассматривать с двух позиций: попадание их в россыпи либо за счёт размыва непосредственно коренных источников, либо за счёт размыва осадочных коллектиров (в том числе докембрийских). Идентификация алмазов в данной альтернативе осуществляется по ком-

плексу типоморфных особенностей, связанных с экзогенными изменениями алмазов, при этом докембрийские алмазы характеризуются комплексом «признаков древности». Во втором случае поисковая обстановка может накладывать серьезные ограничения на возможность прогнозирования и поисков коренных алмазных месторождений, одновременно давая возможность прогнозировать россыпную алмазоносность, связанную с докембрийскими источниками.

Очень важно обращать внимание на психологический аспект проблемы прогноза алмазоносности на территориях возможного присутствия докембрийских алмазов. Обычно при находке алмазов в россыпях в первую очередь выдвигаются гипотезы о коренных источниках, их структурно-тектонической позиции исходя из аналогий с известными типами коренных источников, при этом в качестве потенциальных источников алмазов рассматриваются главным образом кимберлиты (лампроиты), ультрабазиты, реже базиты, однако обычно возраст источников специально не обсуждается. Происхождение алмазов из древних россыпей рассматривается как второстепенный вариант, а возможность поступления кристаллов из докембрийских источников практически не принимается во внимание. Такая ситуация характерна для прогноза алмазоносности как по СП, так и по другим платформам мира, хотя геологам известны находки докембрийских алмазоносных лампроитов, которые обычно не обсуждаются. Без анализа возможной докембрийской алмазоносности можно долго и бесплодно решать проблему источников алмазов на северо-востоке СП, искать фанерозойские источники россыпей р. Юаньцзян и т. д. В то же время с позиций докембрийской алмазоносности можно прогнозировать россыпи алмазов в районах выходов докембра, как это сделано для плато Конгум во Вьетнаме [1]. Есть основание предполагать наличие докембрийских алмазов (наряду с кристаллами из фанерозойских кимберлитов) в провинциях Ляонин и Шаньдун (Китай), поскольку на их территории выявлены выходы докембра и не все проявления россыпной алмазоносности можно объяснить через известные в данном регионе кимберлиты. Алмазы здесь установлены как в современных аллювиальных отложениях, так в синийских и кембрийских отложениях. Приведённые материалы позволяют сделать вывод о широком развитии докембрийской алмазоносности на Земле и этот факт необходимо учитывать при идентификации тех или иных находок алмазов в россыпях и алмазопроявлениях в различных регионах.

ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Покhilенко Н.П. Поисковая минералогия алмаза. Новосибирск: Гео, 2010. 650 с.
- Бартошинский З.В. Сравнительная характеристика алмазов из различных алмазоносных районов Западной Якутии // Геология и геофизика. 1961. № 6. С. 40—50.
- Бартошинский З.В. Минералогическая классификация природных алмазов // Минералогич. журнал. 1983. Т. 5. № 5. С. 84—93.
- Галимов Э.М. Вариации изотопного состава алмазов и связь их с условиями алмазообразования // Геохимия. 1984. № 8. С. 1091—1117.
- Гневушев М.А., Бартошинский З.В. К морфологии якутских алмазов // Тр. ЯФ СО АН СССР. Сер. геол. 1959. Вып. 4. С. 74—92.
- Граханов С.А., Коптиль В.И. Триасовые палеороссыпи алмазов северо-востока Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 11. С. 1191—1201.
- Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Алмазы Тунгусской алмазоносной субпровинции Сибирской платформы. Статья 1. Алмазы Байкитской области // Бюлл. МОИП. Сер. геол. 2002. Т. 77. Вып. 6. С. 63—77.
- Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: Недра, 2003. 603 с.
- Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Характеристика алмазов Тунгусской алмазоносной субпровинции Сибирской платформы. Статья 2. Южно-Тунгусская область // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2003. Т. 78. Вып. 1. С. 54—65.
- Кухаренко А.А. Алмазы Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1955. 515 с.
- Леонов Б.Н., Прокопчук Б.И., Орлов Ю.Л. Алмазы Приленской области. М.: Наука, 1966. 277 с.
- Метелкина М.П., Прокопчук Б.И., Суходольская О.В., Францессон Е.В. Докембрийские алмазоносные формации Мира. М.: Недра, 1976. 134 с.
- Прокопчук Б.И. Зональность размещения алмазных россыпей на древних платформах // Минеральные месторождения. М.: Наука, 1976. С. 186—196.
- Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. 2-е изд. М.: Наука, 1984. 264 с.
- Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Геолого-генетические основы шлихи-минералогического метода поисков алмазных месторождений. М.: Недра, 1998. 555 с.
- Mitchell R.H. Kimberlite and related rocks — a critical reappraisal // J. Geol. 1970. V. 78. P. 686—704.
- Nixon P.H. Kimberlitic volcanoes in East Africa // Overseas geol. Mineral. Res. 1973. N 41. P. 119—130.

REFERENCES

- Afanasiev V.P., Zinchuk N.N., Pokhilenco N.P. *Prospecting mineralogy of diamond*. Novosibirsk, Geo Publ, 2010. 650 p. (In Russian).
- Bartoshinsky Z.V. Comparative characteristics of diamonds from various diamondiferous regions of Western Yakutia. *Geology and geophysics*, 1961, no. 6, pp. 40—50. (In Russian).
- Bartoshinsky Z.V. Mineralogical classification of natural diamonds. *Mineral. Journal*, 1983, v. 5, no. 5, pp. 84—93. (In Russian).
- Galimov E.M. Variations of isotopic composition of diamonds and their relationship with conditions of diamond formation. *Geochemistry*, 1984, no. 8, pp. 1091—1117. (In Russian).
- Gnevushev M.A., Bartoshinsky Z.V. To morphology of Yakutian diamonds. *Proceedings of SB YS of the USSR AS, Geol. series* 1959, no. 4, pp. 74—92. (In Russian).
- Grakhanov S.A., Koptil V.I. Triassic paleoplacers of diamonds of the Siberian platform north-east. *Geology and geophysics*, 2003, v. 44, no. 11, pp. 1191—1201. (In Russian).
- Zinchuk N.N., Koptil V.I. Diamonds of Tungusskaya diamondiferous sub-province of the Siberian platform. Article 1. Diamonds of Baikitskaya area. *Bull. MOIP. Geol. Series*, 2002, v. 77, no. 6, pp. 63—77. (In Russian).
- Zinchuk N.N., Koptil V.I. Typomorphism of diamonds of the Siberian platform, 2003, 603 p. (In Russian).
- Zinchuk N.N., Koptil V.I. Characteristics of diamonds of Tungusskaya diamondiferous sub-province of the Siberian platform. Article 2. South-Tungusskaya area. *Bull. MOIP. Geol. dep.*, 2003, v. 78, no. 1, pp. 54—65. (In Russian).
- Kukharenko A.A. *Diamonds of the Urals*, M., 1955, 515 p. (In Russian).
- Leonov B.N., Prokopchuk B.I., Orlov Y.L. *Diamonds of Trans-Lena area*, 1966, 277 p. (In Russian).
- Metelkina M.P., Prokopchuk B.I., Sukhodolskaya O.V., Frantsesson E.V. *Precambrian diamondiferous formations of the World*. M., Nedra Publ, 1976, 134 p. (In Russian).
- Prokopchuk B.I. Zoning of diamond placers allocation on ancient platforms. *Mineral deposits*, 1976, pp. 186—196. (In Russian).
- Orlov Y.L. *Mineralogy of diamond*. 2nd ed. M., Nedra Publ, 1984, 264 p. (In Russian).
- Kharkiv A.D., Zinchuk N.N., Kryuchkov A.I. *Geological-genetic fundamentals of heavy-concentrate mineralogical method of diamond deposits prospecting*. M., Nedra Publ, 1998, 555 p. (In Russian).
- Mitchell R.H. Kimberlite and related rocks — a critical reappraisal. *J. Geol.*, 1970, V. 78. pp. 686—704.
- Nixon P.H. Kimberlitic volcanoes in East Africa. *Overseas geol. Mineral. Res.*, 1973, no 41, pp. 119—130.

УДК 553.411:499

ЗОЛОТО И РТУТЬ В ПРОЦЕССАХ РУДООБРАЗОВАНИЯ НА КАМЧАТКЕ

B.A. СТЕПАНОВ

Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН
30, Северо-Восточное шоссе, г. Петропавловск-Камчатский 683002, Россия,
e-mail: vitstepanov@yandex.ru

Приведены основные черты различия и сходства физических и химических свойств золота и ртути, определяющие их поведение в природных процессах формирования месторождений обоих металлов на Камчатке. Показано, что различие свойств золота и ртути привело к появлению самостоятельных монометаллических месторождений, отличающихся по связи с интрузивными образованиями, глубине и температуре формирования руд. Сходство свойств указанных элементов определило появление минералов ртути на золоторудных и золотортутных месторождениях, а также к формированию комплексных золоторуттных месторождений. Выделены четыре геолого-промышленных типа золоторуттных месторождений: ноксвиллский, карлинский, ключеский и хемлоский, включающих месторождения с крупными запасами золота как за рубежом, так и в России. Выявление золоторуттных месторождений, в том числе за счёт ревизии ртутных рудопроявлений и месторождений Камчатки на золото, приведёт к укреплению минерально-сырьевой базы золота этого региона.

Ключевые слова: золото; ртуть; месторождение; рудная формация.