



## Алмазы из низкопродуктивных кимберлитов Diamonds from low-grade kimberlite

Зинчук Н. Н., Бардухинов Л. Д.

Zinchuk N. N., Bardukhinov L. D.

Геолого-поисковыми и опробовательскими работами на Сибирской платформе (СП) установлена неравномерная алмазоносность различных диатрем. Кроме трубок с промышленным или полупромышленным содержанием полезного компонента обнаружены диатремы, в которых не установлены алмазы или их концентрация ничтожно низкая. Для получения представительного материала изучались диатремы двух кимберлитовых полей Центрально-Сибирской (ЦСАСП) и шести – Лено-Анабарской (ЛААСП) алмазоносных субпровинций. Проведено комплексное исследование алмазов из низкопродуктивных тел Алакит-Мархинского и Далдынского кимберлитовых полей ЦСАСП. В ЛААСП изучены алмазы из 16 кимберлитовых тел шести полей. Анализ типоморфных особенностей алмазов из кимберлитовых тел с низкой продуктивностью отдельных полей СП показал, что для таких трубок характерно высокое содержание типичных округлых выделений минерала уральского (бразильского) типа с шагренью и полосами пластической деформации. Это свидетельствует о значительном растворении минерала в кимберлитах таких диатрем, что отличает их от аналогичных тел с алмазоносностью и позволяет прогнозировать уровень продуктивности пород уже на начальных стадиях работ. Для кристаллов из жил отмечено повышенное содержание мелких полупрозрачных дымчато-коричневых округлых алмазов с шагренью и полосами пластической деформации, что является типоморфными особенностями и для трубок с убогой алмазоносностью.

Ключевые слова: кимберлитовые трубки, типоморфизм алмазов, низкая алмазоносность, Сибирская платформа.

Based on exploration and sampling work on the Siberian platform (SP) the uneven diamond content of various diatremes was established. During the exploration apart from the pipes with high or medium content of a useful component also the diatremes with low to very low diamond content were discovered. To obtain representative data the diatremes of two kimberlite fields of the Central Siberian (CS) and six kimberlite fields of the Lena-Anabar (LA) diamondiferous sub-provinces (DSP) were studied. A comprehensive study of diamonds from low-grade pipes of the Alakit-Markhinsky and Daldynskoye kimberlite fields of CSDSP was carried out. 16 kimberlite bodies from six kimberlite fields from the LADSP were studied. Geology and mineral-petrographic composition of kimberlites, crystal-morphological and physical properties of diamonds from certain prospective areas were investigated. In addition to classifying diamonds into specific varieties according to Yu. L. Orlov (1984), for many crystals, we examined impurity centers, the ratio of the concentration of optically active defects, spectra of absorption of diamonds IR and UV for the visible regions. For many grains we determined the isotopic composition of carbon; carried out analyses using the electron paramagnetic resonance (EPR) method; measured the photoconductivity upon excitation with visible light; analyzed photoluminescence spectra; studied the internal structure and composition of the mineral inclusions. The obtained results were compared with similar materials for the known primary (and sometimes alluvial) deposits of the region. Based on the study of the typomorphic features of diamonds from low-grade kimberlite pipes from selected fields of the SP we conclude that they are characterized by a high content of typical rounded minerals of the Ural (Brazilian) type with shagreen and plastic deformation bands. This indicates a significant dissolution of the mineral in the kimberlite of such diatremes, which distinguishes them from similar bodies with high diamond content and makes it possible to predict the grade already at the initial stages of exploration work. Increased content of small semitransparent smoky-brown rounded diamonds with shagreen and plastic deformation bands for crystals from veins was noted, which is also typical for low-grade pipes.

Keywords: kimberlite pipes, typomorphism of diamonds, low-grade, Siberian Platform.

Для цитирования: Зинчук Н. Н., Бардухинов Л. Д. Алмазы из низкопродуктивных кимберлитов. Руды и металлы. 2022. № 1. С. 77–93. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10004.

For citation: Zinchuk N. N., Bardukhinov L. D. Diamonds from low-grade kimberlite. Ores and metals, 2022, № 1, pp. 77–93. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10004.

*Введение.* В результате проведённых за более чем 60 лет геолого-поисковых и опробовательских работ на Сибирской платформе (СП) установлена [1–11] неравномерная алмазоносность различных диатрем. Кроме трубок с промышленным или полупромышленным содержанием полезного компонента, в ходе геолого-поисковых работ обнаружены и диатремы, в которых алмазы не выявлены или их концентрация ничтожно низкая. Несмотря на то что количество таких диатрем во много раз превышает число продуктивных, все обнаруженные магматические образования с различной степенью детальности изучаются в целях выработки прогнозно-поисковых критериев поисков коренных и россыпных алмазных месторождений. Для получения представительного материала и решения поставленных задач изучались диатремы двух полей Центрально-Сибирской (ЦСАСП) и шести кимберлитовых полей Лено-Анабарской (ЛААСП) алмазоносных субпровинций. На отдельных временных этапах в изучении алмазов исследуемого региона активное участие принимал кандидат геолого-минералогических наук В. И. Коптиль [3, 15, 21, 22, 24, 25], которому авторы глубоко признательны. В дальнейшем сбором материала по обозначенной тематике занимался кандидат геолого-минералогических наук Л. Д. Бардухинов, который провёл многие исследования алмазов физико-химическими методами, сопоставляя результаты с ранее полученными данными, а также участвовал в обсуждении результатов и написании статьи.

*Объекты, методология исследований и обсуждение полученных результатов.* Нами изучены основные типоморфные особенности алмазов из кимберлитовых тел с низкой алмазоносностью восьми кимберлитовых полей СП (рис. 1). Для кимберлитовых тел с низкой продуктивностью Алакит-Мархинского поля – АМКП – (трубки Заря, Подтрапповая, Молодость, Радиогеодезическая, жила 213) Центрально-Сибирской алмазоносной субпровинции характерно высокое содержание типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа в основном с шагренью и полосами пластической деформации, свидетель-

ствующих о значительном растворении минерала, что резко отличает их от продуктивных кимберлитовых тел по этому критерию [12–15, 26–28]. Все эти тела сложены автолитовой кимберлитовой брекчией (АКБ) и перекрыты (кроме тр. Радиогеодезическая) толщей траппов мощностью до 100 м. Их исследование представляет значительный интерес как с точки зрения сопоставления алмазов из кимберлитовых тел с убогой алмазоносностью в различных кустах одного поля, так и их сравнения с кристаллами из основных продуктивных тел АМКП (трубки Айхал, Сытыканская, Юбилейная), что в итоге позволит прогнозировать уровень продуктивности кимберлитов уже на начальных стадиях геологоразведочных работ.

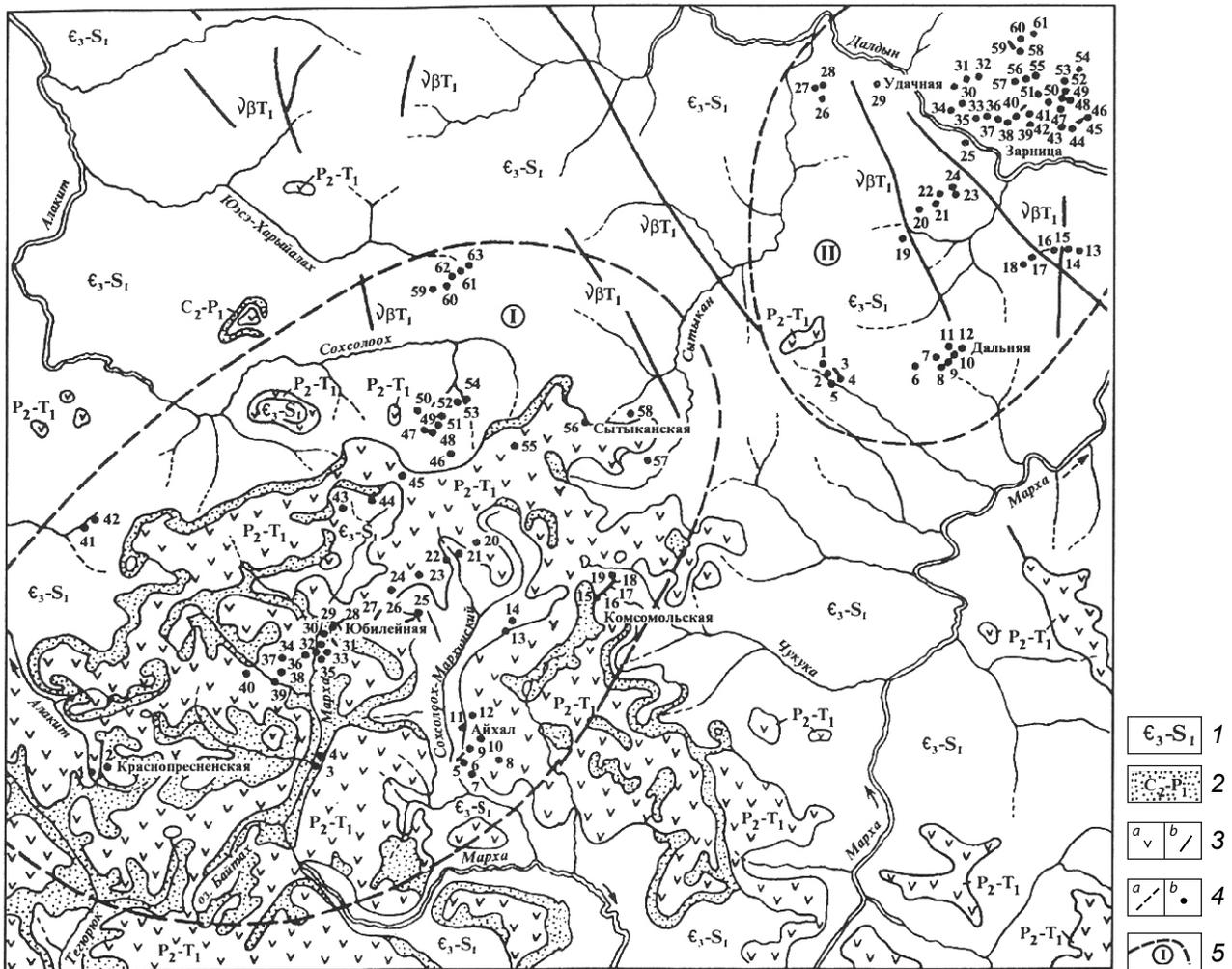
Среди алмазов *трубки Заря* преобладают бесцветные кристаллы и индивиды разновидности I по Ю. Л. Орлову [23], эпигенетически окрашенные в розово-лиловые и дымчато-коричневые тона. В незначительном (8 %) количестве встречаются тёмные полупрозрачные сильнотрециноватые кристаллы с высоким содержанием включений графита, поликристаллические сростки (разновидность VIII). Среди алмазов разновидности I более половины (до 51 %) кристаллов составляют [3, 16–21] индивиды ромбододекаэдрического габитуса. Как правило, это ламинарные ромбододекаэдры со сноповидной и занозистой штриховками, блоковой скульптурой (26 %), а также додекаэдры с шагренью и полосами пластической деформации (до 25 %). Алмазы октаэдрического (до 16 %) и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому (13 %) габитусов, а также бесформенные осколки (7 %) присутствуют в подчинённых количествах. Встречены также единичные псевдогемиморфные кристаллы и бесцветные алмазы кубического габитуса [6, 7, 12, 17, 26]. Алмазы представлены в основном целыми и в незначительной степени повреждёнными кристаллами (55 %); реже отмечаются битые и колотые кристаллы (34 %), тогда как осколки и обломки составляют лишь 14,5 %. Основная масса камней в той или иной мере трещиновата; кристаллы без трещин составляют всего



26 %. Алмазы тр. Заря преимущественно прозрачные и содержат твёрдые включения, среди которых преобладает графит (в ассоциации с сульфидами). В повышенном количестве (18 %) найдены включения хромшпинелида, реже – оливина (8 %) и малинового пиропа (до 3 %). Основная масса алмазов люминесцирует в ультрафиолетовых лучах сине-голубым цветом (63 %), реже – жёлтым, зелёным и оранжевым (в сумме 20 %). Отдельные кристаллы имеют розово-сиреневое и слабое неопределённого цвета свечение (17 %).

В *кимберлитовых трубках Подтрапповая-1* и *Подтрапповая-2* среди изученного небольшого числа алмазов преобладают бесцветные и эпигенетически окрашенные в дымчато-коричневые цвета кристаллы разновидности I, с доминированием камней октаэдрического габитуса (54 и 40 % соответственно). В первой трубке октаэдры наблюдаются в виде довольно правильных по форме зёрен, во второй представлены обломками кристаллов и сростками. В обеих трубках отмечается значительное содержание бесформенных осколков без признаков кристаллографической огранки (23 и 40 %). В трубке Подтрапповая-1 около половины (54 %) всех алмазов составляют целые кристаллы, однако встречаются расколотые камни (23 %) и бесформенные осколки кристаллов (22 %). В трубке Подтрапповая-2 все алмазы в той или иной мере расколоты. В большом количестве установлены бесформенные осколки без признаков первоначальной кристаллографической огранки. Основная масса кристаллов обеих трубок трещиновата. Почти половина алмазов обеих трубок (47 и 40 % соответственно) содержит включения графита в ассоциации с сульфидами. Характер фотолюминесценции алмазов трубок Подтрапповая-1 и -2 несколько различается: в первой преимущественно распространены индивиды с жёлтым и зелёным свечением (в сумме 38 %), меньше – с синим (23 %) и розово-сиреневым (23 %); во второй в основном встречаются кристаллы с розово-сиреневой (50 %) и синей (30 %) фотолюминесценцией, а единичные камни люминесцируют зелёным и жёлтым цветами.

В *кимберлитовой трубке Молодость* выделяются [6, 7, 12, 15, 17] три типа кимберлитов: I и II представлены порфировым кимберлитом (ПК), III – кимберлитовой брекчией (КБ). Среди алмазов трубки (рис. 2) резко преобладают бесцветные кристаллы и эпигенетически окрашенные в дымчато-коричневый цвет (разновидность I). Во втором типе кимберлита значительную часть (более 14 %) составляют жёлто-зелёные кубы (разновидность IV), а в КБ около 9 % алмазов приходится на долю поликристаллических сростков (разновидность VIII). Среди алмазов разновидности I в кимберлитах типа II преобладают кристаллы ромбододекаэдрического габитуса (50 % всех алмазов), представленные в основном додекаэдроидами с шагренью и полосами пластической деформации. Алмазы октаэдрического габитуса составляют 21 %, бесформенные осколки – 7 %. В КБ алмазы разновидности I (53 %) также представлены в основном кристаллами ромбододекаэдрического габитуса. В большинстве это додекаэдроиды с шагренью и полосами пластической деформации, реже ламинарные ромбододекаэдры. На долю алмазов октаэдрического габитуса приходится 19 %, переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому – 4 %. Среди них в равной мере встречаются плоскогранные октаэдры и комбинированные плоскогранно-кривогранные алмазы с параллельной, сноповидной и занозистой штриховками, а также с полицентрически растущими гранями. Бесформенные осколки составляют 12 %. По степени сохранности среди алмазов кимберлита типа II, наряду с большим количеством обломков и бесформенных осколков (43 %), в равном количестве содержатся целые и в незначительной степени повреждённые кристаллы. Среди алмазов КБ резко преобладают обломки и осколки (62 %) при относительно небольшом содержании целых и незначительно повреждённых кристаллов (30 %). Более 60 % всех алмазов из отдельных разновидностей кимберлита представлены монолитными нетрещиноватыми кристаллами. Значительно реже отмечаются алмазы с единичными поверхностными и



**Рис. 1. Схематическая геологическая карта центральной части Далдыно-Алаakitского алмазоносного района [11]:**

1 – карбонатные породы раннего палеозоя; 2 – терригенные отложения пермокарбона; 3 – силлы (а) и дайки (b) траппов пермо-триасового возраста; 4 – дайки, жилы (а) и трубки (b) кимберлитов среднего палеозоя; 5 – границы Алаakit-Мархинского (I) и Далдынского (II) кимберлитовых полей; кимберлитовые трубки и жилы (ж.): Алаakit-Мархинское поле: 1 – Алаakitская, 2 – Краснопресненская, 3 – 30 лет Айхала, 4 – Байтахская, 5 – ж. 213, 6 – Октябрьская, 7 – Сувенир, 8 – Надежда, 9 – Подтрапповая, 10 – Заря, 11 – Айхал, 12 – Лира, 13 – Молодость, 14 – Юность, 15 – Комсомольская, 16 – ж. Сомнительная, 17 – ж. Структурная, 18 – ж. Кексовая, 19 – Чукукская, 20 – Победа, 21 – Геохимическая, 22 – Кисмет, 23 – Восток, 24 – Салют, 25 – Липа, 26 – ж. Фабричная, 27 – ж. Межозёрная, 28 – ж. Первомайская, 29 – Юбилейная, 30 – Озёрная, 31 – ж. Новогодняя, 32 – ЦНИГРИ, 33 – Бобкова, 34 – Соболева, 35 – Радиоволновая, 36 – Шукина, 37 – Одинцова, 38 – Амакинская, 39 – Файнштейновская, 40 – Кылахская, 41 – Нева, 42 – Славутич, 43 – Кира, 44 – Мархинская, 45 – Москвичка, 46 – Магистральная, 47 – Весёлая, 48 – Начальная, 49 – Смежная, 50 – Искорка, 51 – А-16, 52 – ж. А-17, 53 – Коллективная, 54 – Светлая, 55 – Олимпийская, 56 – Сытыканская, 57 – Дружба, 58 – Снежинка, 59 – НИИГА, 60 – Маршрутная, 61 – Радиogeодезическая, 62 – Талисман, 63 – Меньшикова; Далдынское поле: 1 – Загадочная ПИ, 2 – Кусова, 3 – ж. С-90, 4 – ж. С-80, 5 – Иреляхская, 6 – Мамбо, 7 – С-149/93, 8 – Ну, погоди!, 9 – Угадайка, 10 – ЭА-17, 11 – Саратовская и ж. 74, 12 – Дальняя, 13 – Молодёжная, 14 – Ленинградская, 15 – Геофизическая,



16 – ж. 70, 17 – Долгожданная, 18 – Нюрбинская, 19 – Украинская, 20 – Аэросъёмочная, 21 – Академическая, 22 – Ильменитовая, 23 – Д-13, Д-14, 24 – Якутская, 25 – Рот-Фронт, 26 – Полуночная, 27 – Сибирская, 28 – Синильга, 29 – Удачная, 30 – Студенческая, 31 – Полярная, 32 – Фестивальная, 33 – Волжанка, 34 – Любимая, 35 – Далдынская, 36 – Овал, 37 – Аэромагнитная, 38 – Эврика, 39 – Эндир, 40 – ж. 73, 41 – Веснушка, 42 – Мастахская, 43 – Прогнозная, 44 – Осенняя, 45 – Зимняя, 46 – Летняя I–II, 47 – Зарница, 48 – Электра, 49 – Попугаевой, 50 – Чебурашка, 51 – Мастахская-1, 52 – Аргыс, 53 – Невидимка, 54 – Иксовая, 55 – Малютка, 56 – Варыгина, 57 – Соседняя, 58 – Горняцкая, 59 – ж. 75, 60 – Буковинская, 61 – Поповой

Fig. 1. Schematic geological map of central part of the Daldyn-Alakitsky diamond field:

1 – early Paleozoic carbonate rocks; 2 – Permian Carboniferous terrigenous sequence; 3 – sills (a) and dikes (b) of Permo-Triassic traps; 4 – dikes, veins (a) and pipes (b) of Middle Paleozoic kimberlites; 5 – boundaries of Alakit-Markhinskoye (I) and Daldynskoye (II) kimberlite fields; kimberlite pipes and veins (v.): *Alakit-Markhinskoye field*: 1 – Alakitskaya, 2 – Krasnopresnenskaya, 3 – 30 years of Aikhala, 4 – Baitakhskaya, 5 – v. 213, 6 – Oktyabrskaya, 7 – Souvenir, 8 – Nadezhda, 9 – Podtrappovaya, 10 – Zarya, 11 – Aikhal, 12 – Lira, 13 – Molodost', 14 – Yunost', 15 – Komsomolskaya, 16 – v. Somnitel'naya, 17 – v. Structurnaya, 18 – v. Keksovaya, 19 – Chukukskaya, 20 – Pobeda, 21 – Geochemicheskaya, 22 – Kismet, 23 – Vostok, 24 – Salyut, 25 – Lipa, 26 – v. Fabrichnaya, 27 – v. Mezhozernaya, 28 – v. Pervomaiskaya, 29 – v. Yubileinay, 30 – Ozernaya, 31 – v. Novogodnyaya, 32 – TsNIGRI, 33 – Bobkov, 34 – Sobolev, 35 – Radiovolnovaya, 36 – Shchukin, 37 – Odintsov, 38 – Amakinskaya, 39 – Feinsteinskaya, 40 – Kylakhskaya, 41 – Neva, 42 – Slavutich, 43 – Kira, 44 – Markhinskaya, 45 – Moskvichka, 46 – Magistralnaya, 47 – Vesyolaya, 48 – Nachalnaya, 49 – Smezhnaya, 50 – Iskorka, 51 – A-16, 52 – v. A-17, 53 – Collectivnaya, 54 – Svetlaya, 55 – Olympiiskaya, 56 – Sytykanskaya, 57 – Druzhba, 58 – Snezhinka, 59 – NIIGA, 60 – Marshrutnaya, 61 – Radiogeodezicheskaya, 62 – Talisman, 63 – Menshikov; *Daldynskoye field*: 1 – Zagadochnaya HI, 2 – Kusov, 3 – v. S-90, 4 – v. S-80, 5 – Irelyakhskaya, 6 – Mambo, 7 – S-149/93, 8 – Nu, pogodi!, 9 – Ugadaika, 10 – EA-17, 11 – Saratov and v. 74, 12 – Dalnyaya, 13 – Molodyozhnaya, 14 – Leningradskaya, 15 – Geofizicheskaya, 16 – v. 70, 17 – Dolgozhdannaya, 18 – Nyurbinskaya, 19 – Ukrainskaya, 20 – Aerosemochnaya, 21 – Academicheskaya, 22 – Ilmenitovaya, 23 – D-13, D-14, 24 – Yakutskaya, 25 – Rot-Front, 26 – Polunochnaya, 27 – Sibirskaya, 28 – Sinilga, 29 – Udachnaya, 30 – Studencheskaya, 31 – Polyarnaya, 32 – Festivalnaya, 33 – Volzhanka, 34 – Lubimaya, 35 – Daldynskaya, 36 – Oval, 37 – Aeromagnitnaya, 38 – Eureka, 39 – Endir, 40 – v. 73, 41 – Vesnushka, 42 – Mastakhskaya, 43 – Prognoznaya, 44 – Osennaya, 45 – Zimnyaya, 46 – Letnyaya I–II, 47 – Zarnitsa, 48 – Elektra, 49 – Popugaeva, 50 – Cheburashka, 51 – Mastakhskaya-1, 52 – Argys, 53 – Nevidimka, 54 – Iksovaya, 55 – Maljutka, 56 – Varygina, 57 – Sosednyaya, 58 – Gornyatskaya, 59 – v. 75, 60 – Bukovinskaya, 61 – Popova

внутренними трещинами. Характер сколов в основном протоматматический. Включения графита в алмазах в ассоциации с сульфидами не превышают трети всех изученных камней. По характеру свечения в УФ-лучах среди алмазов из типа II кимберлитов тр. Молодость преобладают кристаллы с сине-голубой фотолюминесценцией (43 %) при значительном содержании камней с жёлтыми, зелёными и оранжевыми цветами свечения (в сумме до 36 %). Единичные кристаллы обладают розово-сиреневым и слабым неопределённого цвета свечением. Большинство алмазов из KB кимберлитов тр. Молодость люминесцирует в ультрафиолетовых лучах сине-голубым цветом различной интенсивности. Следует обра-

тить внимание на повышенное по сравнению с алмазами других кимберлитовых тел содержание индивидов без признаков видимого свечения.

В кимберлитовой трубке Радиогеодезическая выделяются две разновидности пород: собственно кимберлит и KB. Среди алмазов трубки (как и в других месторождениях СП) преобладают бесцветные, а также эпигенетически окрашенные в дымчато-коричневые цвета кристаллы разновидности I. Здесь отмечены также единичные находки поликристаллических сростков (разновидность VIII) и жёлто-оранжевых кубов разновидности II. Среди алмазов разновидности I преобладают ромбододекаэдры (46–49 %), представленные,



**Рис. 2. Фото алмазов из кимберлитов трубки Молодость (Алаakit-Мархинское поле)**

Fig. 2. Photo of diamonds from Molodost' kimberlite pipe (Alakit-Markhinsky field)

как правило, типичными округлыми кристаллами, часто с шагренью и полосами пластической деформации (39–43 %); реже наблюдаются ламинарные ромбододекаэдры со сноповидной и занозистой штриховкой. В меньшем количестве, чем ромбододекаэдры, содержатся кристаллы октаэдрического габитуса и переходные формы от октаэдров к ромбододекаэдрам. В основном это плоскогранные и плоскогранно-кривогранные кристаллы с полицентрически растущими гранями, со сноповидной и занозистой штриховкой, а также плоскогранные октаэдры, в том числе с тригональными слоями роста. Бесформенные осколки составляют 9–11 % от всех алмазов. Отмечены также единичные находки бесцветных тетрагексаэдров и кубоидов. Вышеуказанные разновидности по кристалломорфологии существенно не различаются [9, 25]. Следует обратить внимание на гораздо более высокое содержание двойников и сростков в кимберлите тр. Радиогодезическая по сравнению с КБ [4, 19, 18, 21]. Одной из характерных особенностей алмазов описываемой трубки является повышенное содержание среди них индивидов с признаками природного травления (коррозия, каверны). Для кимберлита диатремы характерно широкое развитие ка-

верн на алмазах (до 18 % индивидов), в то время как для КБ алмазы с кавернами не типичны. Более половины всех алмазов трубки (55–64 %) составляют целые и в незначительной степени повреждённые кристаллы. Бесформенные обломки и осколки содержатся примерно в одинаковых количествах. Большинство алмазов отличается различной степенью трещиноватости. Кристаллы без трещин составляют 33–40 % от всех алмазов. Содержание алмазов, окрашенных в жёлтый, молочно-серый и коричневый цвета, не превышает 13 %. Основная масса алмазов диатремы люминесцирует в ультрафиолетовых лучах сине-голубым цветом различной интенсивности (59–71 %). Содержание алмазов, светящихся зелёным, оранжевым и жёлтым цветами, в сумме составляет 17–21 %. Гораздо реже встречаются кристаллы, обладающие розово-сиреневым или слабым свечением в ультрафиолетовых лучах. Алмазы тр. Радиогодезическая отличаются от кристаллов близлежащих диатрем НИИГА и Маршрутная более высоким содержанием камней ромбододекаэдрического габитуса при пониженном количестве октаэдров. Характерно также более высокое содержание округлых алмазов (преимущественно додекаэдроидов с шагренью и полосами пластической деформации) и индивидов с полицентрически растущими гранями, а также камней с сине-голубой фотолюминесценцией.

Результаты минералогического исследования алмазов из 25 кимберлитовых трубок, даек и жил с убогой алмазоносностью *Далдынского поля* (ДКП) подтверждают ранее сделанный вывод [8–10, 13–16, 18, 20, 22–24, 28] о типоморфизме кристаллов из жил, характеризующихся повышенным (до трети от общего количества) содержанием мелких полупрозрачных дымчато-коричневых округлых алмазов с шагренью и полосами пластической деформации, а также присутствием среди крупных алмазов своеобразных блоково-занозистых незакономерных сростков нескольких индивидов ромбододекаэдрического габитуса, переполненных включениями графита, относящихся к гвинейскому типу [10]. Вместе

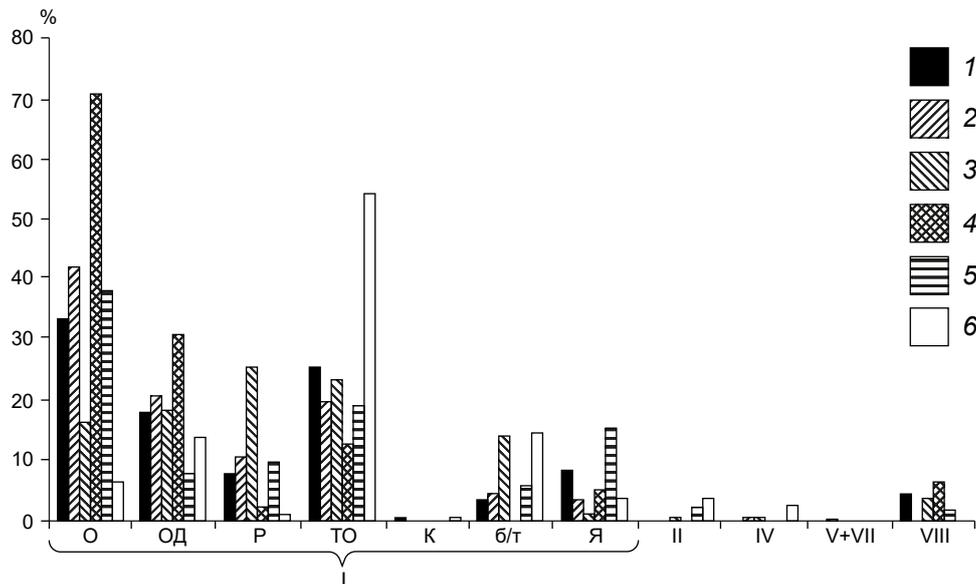


с тем высокое содержание дымчато-коричневых округлых алмазов с шагренью и полосами пластической деформации даже более высокое, чем в жилах и дайках (25,0–58,7 %), установлено в ряде кимберлитовых трубок (Саратовская, Веснушка, Прогнозная, Электра, Попугаевой, Волжанка, Любимая, Студенческая). Этот факт позволяет считать данную разновидность алмазов типоморфной не только для кимберлитовых жил, но и для трубок с низкой алмазоносностью, что, вероятно, обусловлено минералого-петрографическими особенностями кимберлитовых пород, их химизмом, содержанием и составом включений глубинных ксенолитов и т. д. Вероятно, что изученные кимберлитовые жилы и трубки с резко выраженными типоморфными особенностями алмазов относятся к самостоятельной фазе магматизма [2, 9], которая в большинстве случаев предшествовала становлению богатых кимберлитовых трубок. Возможно, жилы и трубки с типоморфными особенностями алмазов и специфическими характеристиками кимберлитовых пород имеют меньшие глубины заложения магматических очагов в мантийном слое по сравнению с аналогичными, питающими расплавом высокопродуктивные диатремы.

Характерным свойством алмазов из изученных кимберлитовых тел ДКП является широкое распространение индивидов с признаками природного травления (каверны, коррозия, шрамы, матировка), почти отсутствующих в известных богатых кимберлитовых трубках Удачная, Сытыканская, Юбилейная и других Далдыно-Алакитского алмазоносного района (ДААР). Это свидетельствует о широком развитии процессов аутометаморфизма при формировании ряда бедных кимберлитовых тел. Следует отметить, что значительная часть кимберлитовых трубок переработана экзогенными процессами, на что косвенно указывает высокое содержание в них алмазов с признаками ожелезнения. Минеральный состав сингенетических твёрдых включений в алмазах из кимберлитовых тел ДКП говорит о преобладании среди них ультраосновных парагенезисов (оливин + хром-

шпинелид) над эклогитовыми (пироп оранжевый + омфацит), что отражает истинное соотношение ультраосновных и основных ассоциаций в областях (верхней мантии), откуда алмазы выносятся на дневную поверхность. По предварительным данным, включения эклогитовой ассоциации встречены [9, 25] только в типичных округлых алмазах, а ультраосновной – преимущественно в плоскогранно-кривогранных кристаллах октаэдрического и переходного габитусов и значительно реже в округлых алмазах, что указывает на возможное различие условий образования плоскогранных кристаллов и типичных округлых алмазов. Можно лишь отметить близость алмазов из кимберлитовых тел в южном кусте ДКП (Ну, погоди!, Саратовская, ж. 74) по кристалломорфологии, прозрачности, окраске, сохранности алмазов и их фотолюминесцентным свойствам (высокое содержание индивидов с зелёным свечением). По этим же особенностям, а также по низкому содержанию включений графита близки между собой алмазы трубок Электра и Попугаевой. По типоморфным особенностям кимберлитовые тела с убогой алмазоносностью ДКП резко отличаются от трубки-лидера в этом регионе (Удачная) высоким содержанием типичных округлых алмазов, обычно с шагренью и полосами пластической деформации, дефектных полупрозрачных трещиноватых, окрашенных в дымчато-коричневые цвета, а также сростков. По своим особенностям изученные алмазы [14, 24–28] более близки к таковым из кимберлитовых тел с полупромышленной алмазоносностью ДКП (Зарница, Иреляхская).

В пределах северо-востока СП в Лено-Анабарской алмазоносной субпровинции изучены [4, 18, 21–23] алмазы 16 кимберлитовых тел шести полей, в том числе: Омонос-Укукитского (тр. Ленинград, Русловая, Светлана, Лорик), Куранахского (тр. Университетская, им. Комарова), Чомурдахского (дайка Ан-21/79), Верхне-Моторчунского (тр. Аэрогеологическая), Куойкского (тр. Дьянга с жилой Ан-79), Лучаканского (тр. Лыхчан, Дама, Поздняя, жила Ан-79а, Отрицательная, Двойная, Флажок). Среди алмазов северного ку-



**Рис. 3. Типоморфные особенности алмазов из кимберлитовых тел с убогой продуктивностью:**

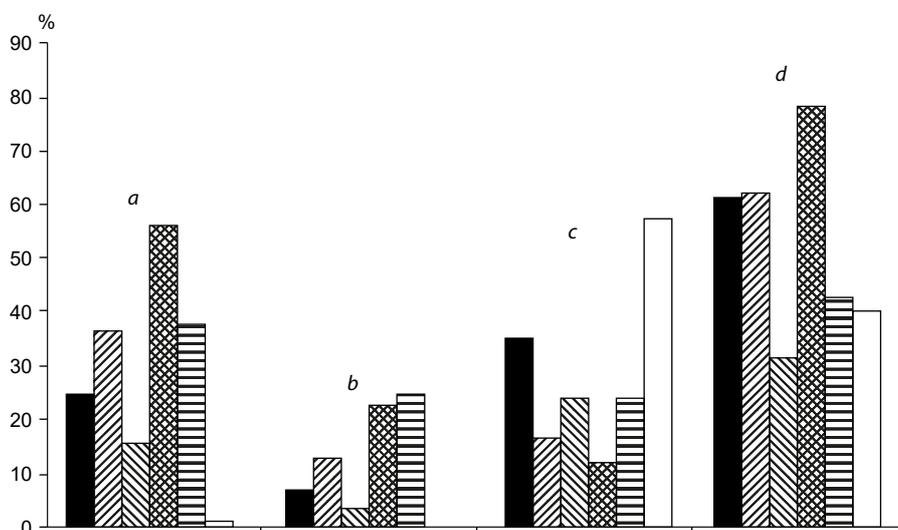
I, II, IV, V + VII, VIII – разновидности алмазов по Ю. Л. Орлову (О – октаэдры, OD – переходные формы, P – ламинарные ромбододекаэдры, TO – сумма типично округлых алмазов, K – кубы, б / т – осколки, Я – янусы); кимберлитовые трубы: 1 – Ленинград, 2 – Светлана, 3 – Университетская, 4 – дайка Ан-21/79, 5 – Аэрогеологическая, 6 – Дьянга

**Fig. 3. Typomorphic features of diamonds from low-grade kimberlite pipes:**

I, II, IV, V + VII, VIII – varieties of diamonds according to Yu. L. Orlov (O – octahedrons, OD – transitional forms, P – laminar rhombododecahedrons, TO – the sum of typically rounded diamonds, K – cubes, б / т – fragments, Я – januses); kimberlite pipes: 1 – Leningrad, 2 – Svetlana, 3 – Universitetskaya, 4 – An-21/79 dike, 5 – Aerogeological, 6 – Dyanga

ста трубок *Омонос-Укукитского поля* отмечено (рис. 3–6) повышенное суммарное содержание кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов разновидности I, представленных в основном индивидами с тригональными слоями роста и полицентрически растущими гранями, также сложенными тригональными слоями роста, что свидетельствует об отсутствии признаков природного растворения с ультраосновной ассоциацией твёрдых включений. Южный куст трубок *Омонос-Укукитского поля* характеризует близость кристалломорфологических особенностей алмазов к алмазам северного с резким (42–46 %) преобладанием октаэдров, отлича-

ет повышенное (до 36 %) содержание двойников и сростков, кристаллов с признаками природного травления (76–85 %), более высокой прозрачностью, пониженным (не более 15 %) количеством окрашенных камней, резким (64–67 %) доминированием минерала с сине-голубой фотолуминесценцией (см. рис. 5) и включений ультраосновного парагенезиса. Это указывает на вариации условий образования алмазов в пределах *Омонос-Укукитского поля* при одном из самых высоких среди кимберлитовых тел СП (кроме Малоботуобинского алмазоносного района – МБАР) суммарном содержании кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов (58–67 %),

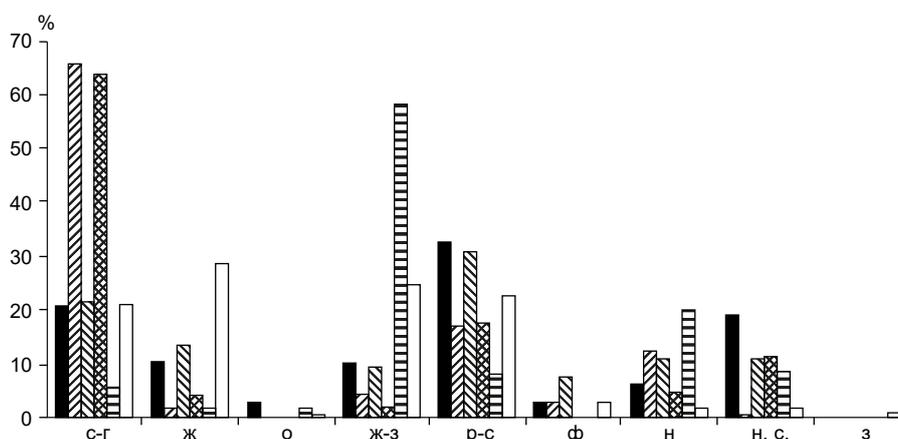


**Рис. 4. Некоторые типоморфные особенности алмазов из кимберлитовых тел с убойной алмазноностью:**

*a* – двойники и сростки, *b* – двойники, *c* – окрашенные алмазы, *d* – алмазы с твёрдыми включениями; остальные усл. обозн. см. рис. 3

**Fig. 4. Some typomorphic features of diamonds from low-grade kimberlite pipes:**

*a* – twins and splices, *b* – twins, *c* – colored, *d* – diamonds with solid inclusions; other symbols are in fig. 3

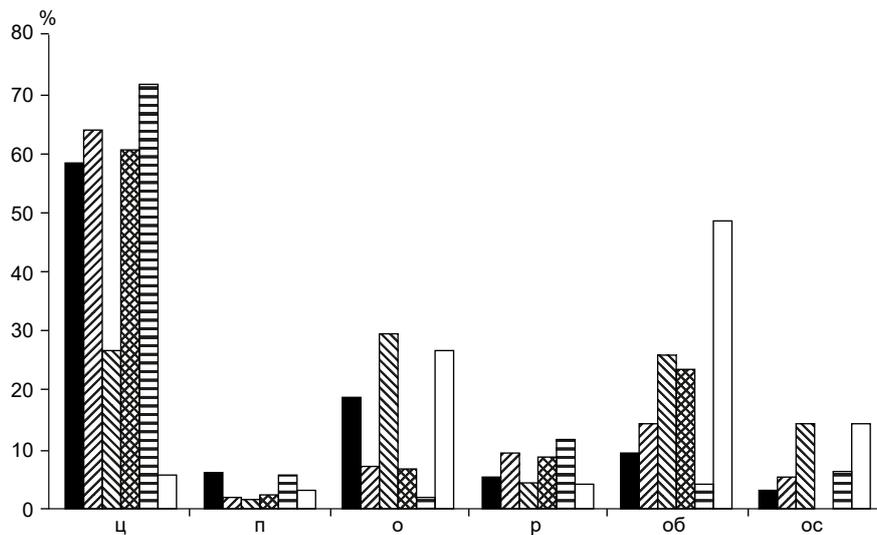


**Рис. 5. Фотолуминесцентные особенности алмазов из кимберлитовых тел с убойной продуктивностью:**

цвет люминесценции: с-г – сине-голубой, ж – жёлтый, о – оранжевый, ж-з – жёлто-зелёный, р-с – розово-сиреневый, ф – фиолетовый, н – неопределённый; н. с. – несветящиеся алмазы; з – с зональным свечением; остальные усл. обозн. см. рис. 3

**Fig. 5. Photoluminescent properties of diamonds from low-grade kimberlite pipes:**

luminescence color: с-г – blue-light blue, ж – yellow, о – orange, ж-з – yellow-green, р-с – pink-purple, ф – violet, н – indefinite; н. с. – nonluminescent diamonds; з – with zonal glow; other symbols are in fig. 3



**Рис. 6. Сохранность и целостность алмазов из кимберлитовых тел с убогой продуктивностью:**

ц – целые кристаллы; п – повреждённые; о – обломанные; р – расколотые; об – обломки; ос – осколки; остальные усл. обозн. см. рис. 3

**Fig. 6. Safety and integrity of diamonds from low-grade kimberlite pipes:**

ц – whole crystals; п – damaged, о – chipped off; р – fractured, об – fragments; ос – chips; other symbols are in fig. 3

сложенных в основном тригональными слоями, являющимися, несомненно, формами роста, а также обломками и осколками кристаллов (см. рис. 6). Это требует выяснения причин невысокой алмазности с позиций более углублённого изучения вещественного состава кимберлитовых пород и глубинных ксенолитов в них в пределах периферических частей древних платформ.

Дайка Ан-21/79 (Чомурдахское поле) характеризуется аномально высоким (71 %) содержанием кристаллов октаэдрического габитуса, представленных преимущественно (48 %) плоскогранными острорёберными октаэдрами. Последние, в отличие от богатых кимберлитовых тел МБАР, представлены шпинелевыми двойниками, часто в комбинации с несовершенными сростками, преимущественно с коррозией. В целом спектр типоморфных особенностей алмазов из дайки Ан-21/79 не имеет аналогов на СП при их некоторой близости по высокому содержанию двойников и сростков октаэдров к микроалмазам отдель-

ных кимберлитовых тел (трубки 30 лет Айхала, им. Бобкова и Щукина) с низкой алмазностью АМКП [22].

Трубка *Аэрогеологическая* (Верхне-Моторчунское поле) – наиболее крупная (17 га) на северо-востоке и четвёртая по размерам (после трубок Юбилейная, Зарница, Удачная) в пределах СП, возраст среднепалеозойский [18, 24]. В ней доминируют (60,2 %) кристаллы октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов разновидности I при низком (18,9 %) содержании додекаэдров с шагренью и полосами пластической деформации и полном отсутствии типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа. Для них характерны преобладающие зелёная фотолюминесценция и ультраосновная ассоциация твёрдых включений, а также резкое преобладание безазотных алмазов типа II и промежуточного типа.

Кимберлитовые тела с убогой алмазностью *Куранахского поля* (тр. Университетская, Комарова) заметно отличаются как от

трубки Малокуонапская этого же поля, так и от других диатрем северо-востока СП по типоморфным особенностям алмазов. Для них характерна далдыно-алакитская минералогическая ассоциация с преобладанием (25 %) ламинарных ромбододекаэдров при заметном (35 %) суммарном содержании кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов. При этом среди них преобладают индивиды с занозистой штриховкой. Содержание типичных округлых алмазов низкое (4–21 %), половину из них составляют додекаэдровиды с шагренью и полосами пластической деформации. *Кимберлитовая трубка Дьянга Куойского поля*, приуроченная к периферической зоне СП, представляет собой КБ тёмно-серого (до чёрного) цвета с небольшим (до 10 %) содержанием ксенолитов вмещающих пород. По химическому составу кимберлиты тр. Дьянга принадлежат [14–16, 22–24, 28] к магнезиальному типу с несколько повышенной железистостью и содержанием титана. По типоморфным особенностям алмазов (рис. 7) тр. Дьянга, сопряжённая с жилой-79 позднемезозойского возраста, не имеет аналогов среди кимберлитовых тел СП. Основными из них являются исключительно эклогитовый парагенезис твёрдых включений, резкое преобладание додекаэдровидов с шагренью и полосами пластической деформации разновидности I, часто затронутых более поздними процессами травления (каверны), приведшими к образованию псевдооктаэдров при практически полном отсутствии двойников и сростков. К другим особенностям алмазов относится резкое преобладание камней с лилово-коричневой окраской пониженной прозрачности, кристаллов с жёлтой и зелёной фотолюминесценцией и низким содержанием примесного азота в форме А-центра. Алмазы имеют исключительно низкую природную степень сохранности (целостность кристаллов) вследствие эпигенетических процессов кавернообразования. Комплекс типоморфных особенностей алмазов тр. Дьянга свидетельствует о её формировании в условиях повышенной фугитивности кислорода.



Рис. 7. Фото алмазов из кимберлитовой трубки Дьянга (Куойское поле)

Fig. 7. Photo of diamonds from the Dyanga kimberlite pipe (Kuo field)

Подчеркнём, что по особенностям химического состава включения гранатов пироп-альмандинового состава в тр. Дьянга не имеют аналогов среди похожих включений в алмазах других кимберлитовых тел СП [4, 15–18, 21, 25]. Они характеризуются очень низкими колебаниями состава при пониженных хромистости, железистости и кальциевости. Гранаты аналогичного состава со средним содержанием  $C_2O_3$  0,31 %, FeO 12,57 %, CaO 5,17 % составляют в тр. Дьянга 20 % от общего количества всех гранатов. Из этого следует, что аналогичные гранаты служат индикаторным минералом кимберлитов (ИМК) тр. Дьянга, что свидетельствует (см. рис. 3–6) о своеобразии её генезиса. С исключительно эклогитовым генезисом алмазов тр. Дьянга хорошо коррелирует высокое (3 %) содержание ярко-жёлтых ромбододекаэдров разновидности II.

В пределах *Лучаканского кимберлитового поля* сильно различаются типоморфные особенности алмазов северного и южного кустов. Для северного куста (трубки Лыхчан, Дама, Поздняя, Ан-79а) характерно резкое преобладание бесцветных ламинарных кристаллов ряда октаэдр–ромбододекаэдр над типичными округлыми алмазами разновидности I

при высоком (1/3) содержании двойников и сростков с доминирующей сине-голубой и зелёной фотолюминесценцией. Для южного куста (трубки Отрицательная, Двойная, Флажок) типоморфными особенностями алмазов является аномально высокое для СП содержание бесцветных кубоидов разновидности I (около 1/4) и своеобразных молочно-белых кубоидов разновидности IV (более 1/4) с лёгким ( $\delta^{13}\text{C} = -17\text{--}20\text{ ‰}$ ) изотопным составом углерода при низких сопоставимых (1/4–1/3) количествах ламинарных кристаллов ряда октаэдр–ромбододекаэдр и типичных округлых алмазов, низком (менее 1/10) содержании двойников и сростков с преобладающей сине-голубой и жёлтой фотолюминесценцией. Это указывает на неоднородность строения верхней мантии Земли даже в пределах одного кимберлитового поля.

*Заключение.* На основании комплексного изучения и анализа алмазоносности довольно значимых по размерам диатрем с убогой продуктивностью АМКП (Заря, Молодость, Радиогеофизическая и др.) можно утверждать: для таких пород характерно высокое содержание типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа, как правило, с шагренью и полосами пластической деформации, свидетельствующими о значительном растворении минерала, что отличает их от кимберлитовых тел с продуктивной алмазоносностью. Это позволяет прогнозировать уровень алмазоносности кимберлитов уже по первым десяткам добытых алмазов на первых стадиях геологоразведочных работ. По типоморфным особенностям алмазов кимберлитовые тела с убогой алмазоносностью ДКП также резко отличаются от трубки-лидера в регионе (Удачная) высоким содержанием округлых алмазов, обычно с шагренью и полосами пластической деформации, дефектных полупрозрачных, трещиноватых, окрашенных в дымчато-коричневые цвета, а также сростков. По своим особенностям изученные алмазы более близки к кристаллам из диатрем с полупромышленной алмазоносностью ДКП (Зарница, Иреляхская). В связи с изменением рыночной конъюнктуры часть диатрем из этой условно вы-

деленной группы также будет постепенно вовлекаться в процесс доразведки и подсчёта полезного компонента, его концентрации и распределения, что уже выполнено для тр. Заря и др.

Проведёнными исследованиями кимберлитовых тел северо-востока СП (преимущественно мезозойского возраста) установлен характерный комплекс особенностей вещественного состава, отличающий их от аналогичных геологических объектов ЦСАСП. Кимберлитовые породы представлены интрузивной и эксплозивной фазами, причём среди первых присутствуют мелилит и монтичелит, а также перовскит, апатит и рудные минералы. Среди пород трубок взрыва здесь основную роль играют кимберлитовые брекчии, но встречаются и порфиоровые разности интрузивной фации. Много слюдистых кимберлитов. Характерно невысокое содержание ИМК, причём пикроильменит преобладает над пиропом. Пиропы алмазной ассоциации редки. Кимберлиты характеризуются повышенными концентрациями титана, железа, фосфора, алюминия и калия. Количество ксенолитов глубинных пород в трубках понижено, в их составе почти не встречаются нодулы алмаз-пироповой фации глубинности.

Комплекс типоморфных особенностей алмазов из кимберлитовых тел резко отличается от особенностей кристаллов из разновозрастных россыпей этого обширного региона в первую очередь пониженным содержанием типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа разновидности I и полным отсутствием кристаллов разновидностей II, V и VII. В этих кимберлитовых телах резко преобладают обычные для кимберлитовых тел ЦСАСП ламинарные кристаллы ряда октаэдр–ромбододекаэдр октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного между ними габитусов разновидности I, причём в большинстве трубок содержание октаэдров даже выше, чем в богатых кимберлитовых телах ЦСАСП (Далдыно-Алакитский и Верхнемунский алмазоносные районы). Это в корне меняет сложившееся представление о зональности СП по алмазам и о закономерном сни-



жении доли октаэдров с юга на север региона. Вместе с тем для каждого из кимберлитовых полей характерны свои типоморфные особенности алмазов, а в пределах Омонос-Укукитского поля наблюдается резкое отличие кристаллов двух пространственно-разобъединённых кустов трубок (северный – Ленинград и Русловая, южный – Светлана и Лорик). Кроме выявленных общих закономерностей и свойств алмазов из кимберлитов низкопродуктивных диатрем СП отмечены специфические особенности для отдельных кимберлитовых полей. Для таких диатрем АМКП характерно высокое содержание типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа, обычно с шагренью и полосами пластической деформации, свидетельствующими о значительном растворении минерала, что резко отличает их от кимберлитовых тел с продуктивной алмазоносностью. На примере сравнительного минералогического изучения кимберлитовых трубок, даек и жил ДКП подтверждён вывод о типоморфизме кристаллов из жил, характеризующихся повышенным (до трети общего количества) содержанием мелких полупрозрачных дымчато-коричневых округлых алмазов с шагренью и полосами пластической деформации, а также наличием среди крупных алмазов своеобразных блоково-заноцистических несогласных сростков нескольких индивидов ромбододекаэдрического габитуса, переполненных включениями графита. Вместе с тем высокое содержание дымчато-коричневых округлых алмазов с шагренью и полосами пластической деформации, даже более высокое (25–59 %), чем в дайках и жилах, позволяет считать данную разновидность алмазов характерной не только для кимберлитовых жил и даек, но и диатрем с низкой алмазоносностью.

Результаты комплексного исследования алмазов из кимберлитовых тел северо-востока СП свидетельствуют о гетерогенности строения верхней мантии. Отдельные блоки последней сложены эклогитами (в том числе алмазоносными), и при формировании магматических очагов в алмазоносном эклогитовом субстрате продуктивными могут ока-

заться породы, по составу отличающиеся от типичных кимберлитов. К этому типу кимберлитовых тел можно отнести тр. Дьянга (Куойское поле) с эклогитовой ассоциацией твёрдых включений. Для остальных кимберлитовых тел ЛААСП типоморфной особенностью является преобладание кристаллов октаэдрического габитуса разновидности I, практически не затронутых процессами растворения, с ультраосновной ассоциацией твёрдых включений. Глубина залегания магматических очагов в ряде кимберлитовых полей ЛААСП не меньше, чем в отдельных полях ЦАСП, что говорит о высокой вероятности обнаружения в пределах ЛААСП диатрем с более высоким уровнем алмазоносности, чем это установлено на настоящий период. На это указывают и окислительно-восстановительные условия сохранности алмазов. Благоприятные условия сохранности алмазов характерны и для Куранахского поля, о чём свидетельствует открытие в регионе тр. Малокуонапская с полупромышленной алмазоносностью и преобладанием ламинарных кристаллов ряда октаэдр–ромбододекаэдр октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного между ними габитусов при низком содержании типичных округлых алмазов. Вместе с тем кимберлитовая трубка Дьянга (Куойское поле) с эклогитовым парагенезисом алмазов характеризуется аномально высоким содержанием додекаэдровидов с шагренью и полосами пластической деформации (форма растворения в глубинных условиях), в значительной степени изменённых процессами травления (кавернообразования) при автаморфизме на последних этапах формирования кимберлитовых тел в пневматолито-гидротермальную стадию. Следует отметить, что среди нескольких тысяч изученных алмазов из кимберлитовых тел ЛААСП полностью отсутствуют типоморфные для разновозрастных (от поздне триасовых до современных) россыпей этих полей кристаллы разновидностей V и VII, а также II в ассоциации с типичными округлыми алмазами разновидности I. Это подчёркивает вероятность нахождения коренных источников алмазов упомянутых

россыпей в наиболее периферической области СП – погружённой части Приверхоанского и Лено-Анабарского прогибов. Подтверждением этого является также близость типоморфных особенностей алмазов из кимберлитов краевых частей Восточно-Европейской

платформы и из россыпей северо-восточной части СП. Это может свидетельствовать о существовании на северо-востоке СП кимберлитов архангельского типа с низкими содержаниями ИМК, не образующих контрастные шлихоминералогические ореолы.

## Список литературы

1. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н. Минералогия древних россыпей алмазов восточного борта Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. – 1987. – № 1. – С. 90–96.
2. 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.
3. 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.
4. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Логвинова А. Н. Особенности распределения россыпных алмазов, связанных с докембрийскими источниками // Записки Российского минералогического общества. – 2009. – Т. 138, № 2. – С. 1–13.
5. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Тычков С. А. Проблема докембрийской алмазоносности Сибирской платформы // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2002. – № 1. – С. 19–36.
6. 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 государственного университета. Геология. – 2000. – № 3 (9). – С. 37–55.
7. Егоров К. Н., Зинчук Н. Н., Мишенин С. Г., Серов В. П., Секерин А. П., Галенко В. П., Денисенко Е. П., Барышев А. С., Меньшагин Ю. В., Кошкарев Д. А. Перспективы коренной и россыпной алмазоносности Юго-Западной части Сибирской платформы // Геологические аспекты минерально-сырьевой базы Акционерной компании «АЛРОСА»: современное состояние, перспективы, решения. Дополнительные материалы по итогам региональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы геологической отрасли АК "АЛРОСА" и научно-методическое обеспечение их решений», посвящённой 35-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Мирный : МГТ, 2003. – С. 50–84.
8. Зинчук Н. Н. Сравнительная характеристика вещественного состава коры выветривания кимберлитовых пород Сибирской и Восточно-Европейской платформ // Геология и геофизика. – 1992. – № 7. – С. 99–109.
9. Зинчук Н. Н., Бардухинов Л. Д. О специфике изучения алмаза при прогнозно-поисковых работах (на примере Сибирской платформы) // Руды и металлы. – 2021. – № 3. – С. 59–75.
10. Зинчук Н. Н., Борис Е. И., Яныгин Ю. Б. Особенности минерации алмаза в древних осадочных толщах (на примере верхнепалеозойских отложений Сибирской платформы). – М. : МГТ, 2004. – 172 с.
11. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. – М. : Недра, 2003. – 603 с.
12. Зинчук Н. Н., Мельник Ю. М., Серенко В. П. Апокимберлитовые породы // Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 66–72.
13. Зинчук Н. Н., Савко А. Д., Крайнов А. В. Кимберлиты в истории Земли // Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского университета. – 2013. – Выпуск 68. – 99 с.
14. Зинчук Н. Н., Савко А. Д., Шевырев Л. Т. Историческая минерация в 3 томах. Т. 3. Историческая минерация подвижных суперпоясов. – Воронеж : ВГУ, 2008. – 622 с.



15. Зинчук Н. Н., Зуев В. М., Коптиль В. И., Чёрный С. Д. Стратегия ведения и результаты алмазопроисловых работ // Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53–57.
16. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Борис Е. И., Липашова А. Н. Типоморфизм алмазов из россыпей Сибирской платформы как основа поисков алмазных месторождений // Руды и металлы. – 1999. – № 3. – С. 18–30.
17. Зинчук Н. Н., Специус З. В., Зуенко В. В., Зуев В. М. Кимберлитовая трубка Удачная (вещественный состав и условия формирования). – Новосибирск : НГУ, 1993. – 147 с.
18. Квасница В. Н., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм микрористаллов алмаза. – М. : Недра. – 1999. – 224 с.
19. Котельников Д. Д., Домбровская Ж. В., Зинчук Н. Н. Основные закономерности выветривания силикатных пород различного химического и минералогического типа // Литология и полезные ископаемые. – 1995. – № 6. – С. 594–601.
20. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Типоморфные особенности и палеогеографическое значение слюдистых минералов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1996. – № 1. – С. 53–61.
21. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Условия накопления и постседиментационного преобразования глинистых минералов в отложениях терригенной формации // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. – 2001. – Т. 76, № 1. – С. 45–53.
22. Мацюк С. С., Зинчук Н. Н. Оптическая спектроскопия минералов верхней мантии. – М. : Недра, 2001. – 428 с.
23. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза. – М. : Наука. 1984. – 264 с.
24. Харьков А. Д., Зуенко В. В., Зинчук Н. Н., Крючков А. И., Уханов А. В., Богатых М. М. Петрохимия кимберлитов. – М. : Недра, 1991. – 304 с.
25. Хитров В. Г., Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д. Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава // Доклады Академии наук СССР. – 1987. – Т. 296, № 5. – С. 1228–1233.
26. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Volkova N. I., Zinchuk N. N., Krasavchikov V. O. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry // Journal of Geochemical Exploration. – 2002. – Vol. 76, № 2. – P. 93–112.
27. 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.
28. 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'ev V. P., Zinchuk N. N. Mineralogiya drevnikh rossypeialmazov vostochnogo borta Tunguskoj sineklizy [Mineralogy of ancient diamond placers on the eastern side of the Tunguska syncline], *Geologiya i geofizika [Russian Geology and Geophysics]*, 1987, No 1, pp. 90–96. (In Russ.).
2. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N. Osnovnye litodinamicheskie tipy oreolov indikatornykh mineralov kimberlitov i obstanovki ikh formirovaniya [The main lithodynamic types of aureoles of indicator minerals in kimberlites and the setting of their formation], *Geologiya rudnykh mestorozhdenii [Geology of Ore Deposits]*, 1999, V. 41, No 3, pp. 281–288. (In Russ.).
3. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Poligenез алмазов в связи с проблемой коренных россыпей северо-востока Сибирской платформы [Polygenesis of Diamonds in Connection with the Problem of Bedrock Placers in the North-East of the Siberian Platform], *Doklady Akademii nauk [Reports of the Academy of Sciences]*, 1998, V. 361, No 3, pp. 366–369. (In Russ.).
4. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Logvinova A. N. Osobennosti raspredeleniya rossypnykhalmazov, svyazannykh s dokembriiskimi istochnikami [Features of the distribution of placer diamonds associated with Precambrian sources], *Zapiski Rossijskogo mineralogicheskogo obshchestva [Notes of the Russian Mineralogical Society]*, 2009, V. 138, No 2, pp. 1–13. (In Russ.).
5. Afanas'ev V. P., Zinchuk N. N., Tychkov S. A. Problema dokembriiskoialmazonosnosti Sibirskojplat-

- formy [The problem of Precambrian diamond content of the Siberian Platform], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Geologiya* [Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology], 2002, No 1, pp. 19–36. (In Russ.).
6. Vasilenko V. B., Zinchuk N. N., Kuznetsova L. G. Geodinamicheskii kontrol' razmeshcheniya kimberlitovykh polei tsentral'noi i severnoi chastei Yakutskoi kimberlitovoi provintsii (petrokhimicheskii aspekt) [Geodynamic control of the placement of kimberlite fields in the central and northern parts of the Yakutsk kimberlite province (petrochemical aspect)], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Geologiya* [Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology], 2000, No 3 (9), pp. 37–55. (In Russ.).
  7. Egorov K. N., Zinchuk N. N., Mishenin S. G., Serov V. P., Sekerin A. P., Galenko V. P., Denisenko E. P., Baryshev A. S., Men'shagin Yu. V., Koshkarev D. A. Perspektivy korennoi i rossypnoi alamazonosnosti Yugo-Zapadnoi chasti Sibirskoi platformy [Prospects for the primary and alluvial diamond content of the Southwestern part of the Siberian platform], *Geologicheskie aspekty mineral'no-syr'evoi bazy Aktsionernoi kompanii "ALROSA": sovremennoe sostoyanie, perspektivy, resheniya. Dopolnitel'nye materialy po itogam regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Aktual'nye problemy geologicheskoi otrasli AK "ALROSA" i nauchno-metodicheskoe obespechenie ikh reshenii", posvyashchennoi 35-letiyu YaNIGP TsNIGRI AK "ALROSA"* [Geological aspects of the mineral resource base of the Joint Stock Company "ALROSA": current state, prospects, solutions. Additional materials on the results of the regional scientific and practical conference "Actual problems of the geological industry of AK ALROSA and scientific and methodological support for their solutions", dedicated to the 35th anniversary of the YaNIGP TsNIGRI AK ALROSA], Mirnyi, MGT Publ., 2003, pp. 50–84. (In Russ.).
  8. Zinchuk N. N. Sravnitel'naya kharakteristika veshchestvennogo sostava kory vyvetrivaniya kimberlitovykh porod Sibirskoi i Vostochno-Evropeiskoi platform [Comparative characteristics of the material composition of the weathering crust of kimberlite rocks of the Siberian and East European platforms], *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 1992, No 7, pp. 99–109. (In Russ.).
  9. Zinchuk N. N., Bardukhinov L. D. O spetsifike izucheniya almaza pri prognozno-poiskovykh rabotakh (na primere Sibirskoi platformy) [About the specifics of studying diamond in predictive prospecting (on the example of the Siberian platform)], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2021, No 3, pp. 59–75. (In Russ.).
  10. Zinchuk N. N., Boris E. I., Yanygin Yu. B. Osobennosti mineragenii almaza v drevnikh osadochnykh tolshchakh (na primere verkhnepaleozoiskikh otlozhenii Sibirskoi platformy) [Features of diamond minerageny in ancient sedimentary strata (on the example of Upper Paleozoic deposits of the Siberian Platform)], Moscow, MGT Publ., 2004, 172 p.
  11. Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Tipomorfizm almazov Sibirskoi platformy [Typomorphism of diamonds of the Siberian platform], Moscow, Nedra Publ., 2003, 603 p.
  12. Zinchuk N. N., Mel'nik Yu. M., Serenko V. P. Apokimberlitovye porodny [Kimberlite rocks], *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 1987, No 10, pp. 66–72. (In Russ.).
  13. Zinchuk N. N., Savko A. D., Krainov A. V. Kimberlity v istorii Zemli [Kimberlites in the history of the Earth], *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta geologii Voronezhskogo universiteta* [Proceedings of the Scientific Research Institute of Geology of Voronezh State University], 2013, V. 68, 99 p. (In Russ.).
  14. Zinchuk N. N., Savko A. D., Shevyrev L. T. Istoricheskaya minerageniya v 3 tomakh. T. 3. Istoricheskaya minerageniya podvizhnykh superpoyasov [Historical minerageny in 3 volumes. Vol. 3. Historical minerageny of mobile superbelt], Voronezh, VGU Publ., 2008, 622 p.
  15. Zinchuk N. N., Zuev V. M., Koptil' V. I., Chernyi S. D. Strategiya vedeniya i rezul'taty almazoposkovykh rabot [Strategy of conducting and results of diamond prospecting], *Gornyi vestnik* [Mining journal], 1997, No 3, pp. 53–57. (In Russ.).
  16. Zinchuk N. N., Koptil' V. I., Boris E. I., Lipashova A. N. Tipomorfizm almazov iz rossypei Sibirskoi platformy kak osnova poiskov almaznykh mestorozhdenii [Typomorphism of diamonds from placers of the Siberian platform as the basis for the search for diamond deposits], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 1999, No 3, pp. 18–30. (In Russ.).
  17. Zinchuk N. N., Spetsius Z. V., Zuenko V. V., Zuev V. M. Kimberlitovaya trubka Udachnaya (veshchestvennyi sostav i usloviya formirovaniya) [Kimberlite pipe Udachnaya (material composition and



- conditions of formation)], Novosibirsk, NGU Publ., 1993, 147 p.
18. Kvasnitsa V. N., Zinchuk N. N., Koptil' V. I. Tipomorfizm mikrokristallov almaza [Typomorphism of diamond microcrystals], Moscow, Nedra Publ., 1999, 224 p.
19. Kotel'nikov D. D., Dombrovskaya Zh. V., Zinchuk N. N. Osnovnye zakonomernosti vyvetrivaniya silikatnykh porod razlichnogo khimicheskogo i mineralogicheskogo tipa [The main patterns of weathering of silicate rocks of various chemical and mineralogical types], *Litologiya i poleznye iskopaemye* [Lithology and Mineral Resources], 1995, No 6, pp. 594–601. (In Russ.).
20. Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N. Tipomorfnye osobennosti i paleogeograficheskoe znachenie slyudistykh mineralov [Typomorphic features and paleogeographic significance of mica minerals], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geologiya i razvedka* [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration], 1996, No 1, pp. 53–61. (In Russ.).
21. Kotel'nikov D. D., Zinchuk N. N. Usloviya nakopleniya i postsedimentatsionnogo preobrazovaniya glinistykh mineralov v otlozheniyakh terrigennoi formatsii [Conditions of accumulation and post-sedimentation transformation of clay minerals in the deposits of the terrigenous formation], *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdel geologicheskii* [Bulletin of the Moscow Society of Nature Testers. Geological Department], 2001, V. 76, No 1, pp. 45–53. (In Russ.).
22. Matsyuk S. S., Zinchuk N. N. Opticheskaya spektroskopiya mineralov verkhnei mantii [Optical spectroscopy of upper mantle minerals], Moscow, Nedra Publ., 2001, 428 p.
23. Orlov Yu. L. Mineralogiya almaza [Mineralogy of diamond], Moscow, Nauka Publ., 1984, 264 p.
24. Khar'kiv A. D., Zuenko V. V., Zinchuk N. N., Kryuchkov A. I., Ukhanov A. V., Bogatykh M. M. Petrokhimiya kimberlitov [Petrochemistry of kimberlites], Moscow, Nedra Publ., 1991, 304 p.
25. Khitrov V. G., Zinchuk N. N., Kotel'nikov D. D. Primenenie klaster-analiza dlya vyyasneniya zakonomernostei vyvetrivaniya porod razlichnogo sostava [Application of cluster analysis to clarify the patterns of weathering of rocks of different composition], *Doklady Akademii nauk SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], 1987, V. 296, No 5, pp. 1228–1233. (In Russ.).
26. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Volkova N. I., Zinchuk N. N., Krasavchikov V. O. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry, *Journal of Geochemical Exploration*, 2002, V. 76, No 2, pp. 93–112.
27. 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, V. 465, No 2, pp. 1297–1301.
28. 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, pp. 576–588.

## Авторы

### Зинчук Николай Николаевич

доктор геолого-минералогических наук  
профессор, академик АН РС (Я)  
председатель ЗЯНЦ АН РС (Я)  
nnzinchuk@rambler.ru

### Бардухинов Леонид Данилович

кандидат геолого-минералогических наук  
заведующий лабораторией НИГП ЗЯНЦ АН РС (Я)  
BarduchinovLD@alrosa.ru

Западно-Якутский научный центр (ЗЯНЦ) АН РС (Я),  
г. Мирный, Россия

## Authors

### Nikolay N. Zinchuk

DrSc  
Professor, Academician  
Chairman  
nnzinchuk@rambler.ru

### Leonid D. Barduchinov

PhD  
Head of the Laboratory  
BarduchinovLD@alrosa.ru

West-Yakutia Scientific Centre (Yakutia),  
Russian Academy of Sciences,  
Mirny, Russian