

Н.Н. Зинчук, Л.Д. Бардухинов

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

e-mail.ru: nnzinchuk@ramber.ru

e-mail.ru: BarduchunovLD@alrosa.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Аннотация. В результате комплексного сравнительного изучения алмазов из промышленно продуктивных диатрем Далдынского поля (ДКП) Сибирской платформы (Удачная и Зарница) получены типоморфные особенности минерала, позволяющие диагностировать ореолы рассеяния кимберлитового материала в осадочных толщах. Алмазы из кимберлитов трубки Удачная по комплексу типоморфных особенностей имеют много общих черт с кристаллами из других месторождений Далдыно-Алакитского алмазоносного района. Из свойственных только трубке Удачная свойств можно отнести повышенное содержание кубов II и III разновидностей близких по своим особенностям к алмазам из глубинных включений эклогитов. Для трубки Зарница характерно резкое преобладание кристаллов ромбододекаэдрического габитуса I разновидности при значительном (более 30 %) содержании типичных округлых алмазов. В целом алмазы из месторождений ДКП характеризуются комплексом типоморфных особенностей, позволяющим уверенно отличать их от аналогичных минералов из диатрем других алмазоносных полей и районов Сибирской платформы.

Ключевые слова: Сибирская платформа, алмазы, алмазоносность, типоморфные свойства, Далдынское кимберлитовое поле.

N.N. Zinchuk, L.D. Barduchunov

West-Yakutian Scientific Centre (WYSC) of the Sakha Republic (Yakutia)

Academy of Sciences, Mirny, Russia

e-mail.ru: nnzinchuk@ramber.ru

e-mail.ru: BarduchunovLD@alrosa.ru

COMPARATIVE FEATURES OF DIAMONDS FROM KIMBERLITE DEPOSITS IN THE NORTHERN PART OF THE SIBERIAN PLATFORM

Abstract. A complex comparative study of diamonds from commercially productive diatremes of Daldyn-Alakitsky field (Udachnaya, Zarnitsa) determined mineral typomorphic features, which allows diagnosing dispersion haloes of kimberlite material in sedimentary thick layers. By the set of typomorphic features, diamonds from Udachnaya pipe have many common features with crystals of other deposits of Daldyn-Alakitsky diamondiferous region. Increased content of variety II and III cubes, close by their features to diamonds from deep inclusions of eclogites, may be referred as inherent only to the Udachnaya pipe features. Zarnitsa pipe demonstrated pronounced prevalence of rhombic dodecahedral habit crystals of variety I with large concentration (> 30 %) of typically rounded diamonds. On the whole, diamonds of Daldyn field are characterized by a complex of typomorphic features, which allow distinguishing them from diatremes of other diamondiferous regions of the Siberian platform with confidence.

Keywords: Siberian platform, diamonds, diamondiferousness, typomorphism of minerals, Daldyn kimberlite field.

Введение

Далдынское кимберлитовое поле (ДКП) выделено геологами на севере-востоке Далдыно-Алакитского алмазоносного района (ДААР) Сибирской платформы (СП). В свою очередь, ДААР находится [4, 5, 10-12, 18-20] на стыке Анабарской антеклизы с северо-восточной окраиной Тунгусской синеклизы (ТС). На этой территории в его северо-восточной части преобладают карбонатные породы (известняки, доломиты, аргиллиты и мергели) нижнего ордовика (чуньский ярус) и верхнего кембрия. В отличие от этого, на юго-западе (в бассейне верховьев рек Алакит и Марха), закартированы пестроцветные глинисто-карбонатные отложения среднего ордовика (криволуцкий ярус) и известняки лландоверского яруса нижнего силура. Характерно для этой территории широкое распространение верхнепалеозойских терригенных образований (глинистые сланцы, алевролиты и песчаники) среднего и верхнего карбона, а также осадочных пород нижней и верхней перми. Многочисленные секущие и пластовые интрузии долеритов (мощностью до 150 и более метров) на многих участках интродуцируют палеозойские осадочные толщи.

Кимберлитовые магматиты среднепалеозойского возраста (D_3-C_1) часто прорывают нижнепалеозойские терригенно-карбонатные толщи. Характерна приуроченность кимберлитовых диатрем к Вилюйско-Котуйской зоне глубинных разломов, обозначенных дайками долеритов и перегибами в породах нижнего палеозоя.

Объекты, методология исследований и обсуждение результатов

Открытые в ДКП около 60 кимберлитовых трубок и 7 даек приурочены к магнеподводящей зоне северо-восточного простирания (протяженностью около 150 км и ширине 40-50 км.), совпадающей [15-17, 25] с направлением Вилюйской рифтовой системы (ВРС), сформировавшейся на глубине как дизъюнктивная структура растяжения. Кимберлитовые тела в ДКП контролируются разрывными нарушениями, активизировавшимися в эпоху кимберлитового магматизма. По характеру залегания кимберлитовые тела разделены на: а) выходящие полностью на дневную поверхность (перекрытые только делювием); б) погребенные (частично и полностью) под верхнепалеозойскими отложениями. Преобладают в описываемом поле трубчатые тела кимберлитов с небольшим количеством даек. Доминируют в телах ДКП эруптивные брекчии (ЭБ) мелко- и среднеобломочного строения. Значительно реже встречаются кимберлитовые: туфы (КТ), брекчии (КБ), туфобрекчии (КТБ) и массивные образования (МК) порфировой структуры. В ДКП доминируют мелкие тела, сложенные ЭБ. Сложное строение имеют крупные кимберлитовые диатремы, в которых обычно наблюдаются брекчии нескольких фаз внедрения. В отдельных диатремах присутствуют КТ, КТБ, а также ЭБ и МК. Сочетание кимберлитовых пород в трубках является отражением последовательности образования отдельных фаз и их размещения в вертикальном разрезе диатрем. Особенности взаимоотношения отдельных фаз и механизма их становления указывают на процессе формирования этих пород и их определенной последовательности: первыми образуются КТ и КТБ, затем ЭБ и МК. Крупные кимберлитовые трубки ДКП относятся к сложным телам с несколькими самостоятельными фазами внедрения кимберлитового расплава. Различия между фазами не всегда контрастны, что затрудняет типизацию пород. Наиболее информативными особенностями типизации кимберлитов считаются [6-9, 14-17, 26-29]: содержание инертных компонентов (TiO_2 , Al_2O_3 , $FeO_{\text{общ.}}$, K_2O , P_2O_5); физические свойства и химический состав индикаторных минералов (ИМК); концентрация глубинных пород, а также ксенолитов кристаллических и осадочных образований; особенности основной массы кимберлитов; алмазоносность и свойства алмазов; характеристика контактов между разными фазами пород. В составе обломочного материала в КБ обнаружены обломки как родственных, так и чуждых кимберлитам пород, и минералов. Часто встречаются включения кимберлитов ранней генерации (автолиты). Среди минералов доминирует оливин (от 15 до 50 %) или его обломки, но чаще встречаются псевдоморфозы серпентина, кальцита и магнетита. В составе основной массы кимберлитов преобладают серпентин-карбонатные агрегаты,

а также псевдоморфозы по оливину второй генерации, мелкие зерна магнетита и перовскита. В редко встречающихся слюдистых разностях КБ существенно возрастает доля флогопита I и II генерации. Редко встречаемые МК слагают блоки в центральных участках диатрем (Удачная, Дальняя и др.). Однако в ряде трубок (Мархинская, Липа и др.) и большинстве даек ДКП отмечено доминирование МК, содержащие примесь обломочного материала. Для пород характерны порфиновые вкрапленники оливина (или псевдоморфоз по нему) и чешуек слюды. В кимберлитовых породах даечной фации существенно уменьшается, по сравнению с кимберлитами трубок, роль ксенолитов вмещающих пород. Для кимберлитов характерна мелко- и крупнопорфировая структура. Часто для основной массы кимберлитовых пород характерна флюидальность, вызванная расположением удлинённых выделений по оливину, микролитов и лейст слюдистых образований, а также апатита. Для ПК свойственна повышенная роль суммарного железа и пониженная CaO и CO_2 . Кимберлиты даечных фаций сильно карбонатизированы. Отмечена сравнительно меньшая дифференцированность кимберлитовых пород ДКП по сравнению с аналогичными образованиями СП. Для кимберлитов центральной части ДКП, по сравнению с периферийными частями, установлена повышенная роль отношения K/Rb [21-24]. В таком же направлении зафиксирована пониженная роль TiO_2 в пикроильмените.

Наиболее интересными и важными кимберлитовыми объектами ДКП являются трубки Удачная и Зарница, успешно разрабатываемые АК «АЛРОСА» (ПАО). Отдельные диатремы (Дальняя, Геофизическая и др.) отнесены [2,11,13,17,22,37] к полупромышленным объектам и при экономической целесообразности могут вовлекаться в эксплуатацию. *Кимберлитовая трубка Удачная* представляет собой [7, 31-33] два сопряженных тела (восточное и западное), образуя на поверхности в плане фигуру, похожую на искажённую восьмерку (рис. 1). Трубка прослежена буровыми скважинами до глубины 1400 м, подтвердив постепенное уменьшение с глубиной, переходя в жилы. До глубины 250 м оба тела непосредственно контактируют друг с другом, а глубже они разобщены и на глубине 600 м становятся почти округлыми. На глубинах 800-1400 м контакты обоих тел меняются, обуславливая различный характер их морфологии. На этих же горизонтах восточное рудное тело (ВРТ) имеет вытянутую в северо-восточном направлении эллипсовидную форму. Как в вертикальном, так и в горизонтальном сечениях оно характеризуется выдержанностью падения контактов. На юго-западе и северо-востоке ВРТ, начиная с глубины 800 м, отмечено северо-восточное падение обоих контактов. В отличие от этого, юго-западный контакт ВРТ сохраняет такое падение до глубины 1400 м. Для западного рудного тела (ЗРТ) отмечена удлинённая в северо-западном направлении эллипсовидная форма, меняющаяся с глубиной, приобретая изометричные очертания. На глубине 1200 м ЗРТ расчленяется на два тела с самостоятельными подводящими каналами жильного облика. На глубине 300 м перемычка между телами равна 25 м, увеличиваясь на глубине 800 м до 80 м и до 130 м при 1000 м. На поверхности между телами отмечен постепенный контакт. Довольно интересными являются зоны интенсивного дробления КБ обоих тел, сопровождаемые повышенным изменением пород отмеченные в верхних частях диатремы. Трубка Удачная прорывает [34-36] комплекс пород, доминируют в котором доломиты, доломитизированные известняки, мергели, аргиллиты, алевролиты, песчаники, известковистые конгломераты нижнего ордовика (в поверхностной части), а также верхнего и среднего кембрия (на глубоких горизонтах). Процесс внедрения диатремы привел к образованию во вмещающих осадочных породах различных дислокаций.

Нередко в приповерхностной части трубки на контакте кимберлитов с вмещающими породами сильно изменены до глинистого рыхловатого состояния [7-9, 37], что наиболее характерно для кимберлитов ЗРТ. Мощность измененной зоны с глубиной приконтактной диатремы постепенно уменьшается. Такой состав вмещающих диатрему осадочных пород обусловил наличие в обоих телах трубки Удачная ксенолитов осадочных пород, среди которых доминируют известняки, доломитистые известняки, доломиты, мергеля, песчаники и алевролиты. Существенно

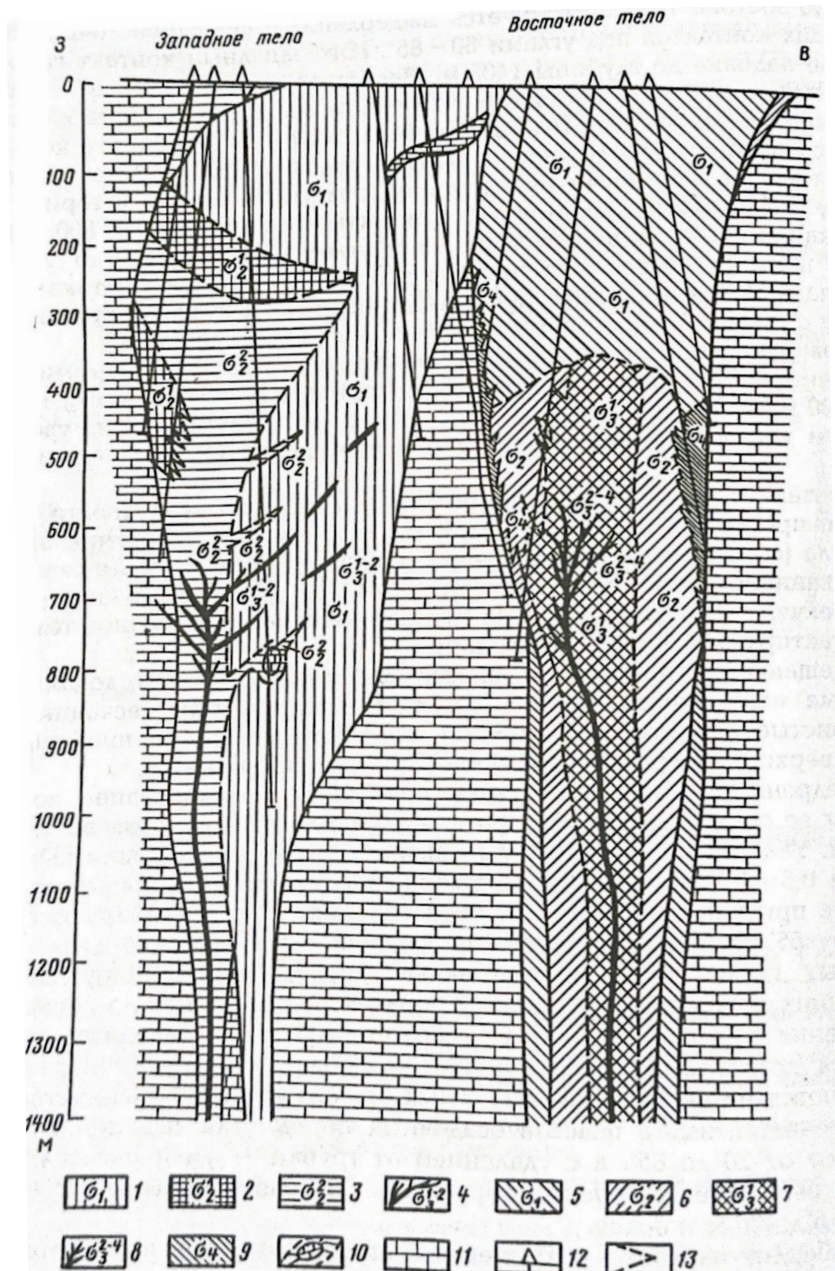


Рис. 1. Геологический разрез кимберлитовой трубки Удачная [34]:

1-4 – западное тело: 1-3 – кимберлитовая брекчия (1 – первой фазы внедрения, 2 – второй фазы с первичными текстурами течения, 3 – то же, с массивной текстурой связующей массы); 4 – жильные кимберлиты заключительной фазы; 5 – 9 – восточное тело: 5-7 – кимберлитовая брекчия (5 – первой фазы внедрения с массивной текстурой связующей массы, 6 – второй фазы, 7 – третьей фазы); 8 – жильные кимберлиты; 9 – кимберлиты четвертой фазы; 10 – крупные ксенолиты вмещающих пород; 11 – вмещающие кимберлитовые породы; 12 – скважины; 13 – контакты между кимберлитами разных фаз

Fig. 1. Geological section of the Udachnaya kimberlite pipe [34]:

1-4 – western body: 1-3 – kimberlite breccia (1 – the first phase of introduction, 2 – second phase with primary flow textures, 3 – same, with a massive texture of the binding mass); 4 – vein kimberlites of the final phase; 5 – 9 – eastern body: 5-7 – kimberlite breccia (5 – first phase embeddings with a mass texture of the binding mass, 6 – second phase, 7 – third phase); 8 – vein kimberlites; 9 – kimberlites of the fourth phase; 10 – large xenoliths of host rocks; 11 – host kimberlite rocks; 12 – wells; 13 – contacts between kimberlites of different phases

изменяется и размер ксенолитов, варьирующий от мельчайших (доли миллиметра) обломков до гигантских (сотни метров в поперечнике) «плавающих рифов». Крупные ксенолиты осадочных пород наиболее характерны для приповерхностной северо-восточной части ЗРТ. По мнению отдельных исследователей, [10-12, 17-20, 23-26], ЗРТ предшествовало образованию ВРТ. При этом ЗРТ до глубины 450-530 м от поверхности выполнено серой и зеленовато-серой КБ (первая фаза внедрения), характеризующейся кристаллолитокластической или автолитовой структурами, участками сильно измененной постмагматическими процессами, являясь апокимберлитами [12, 38]. В отдельных участках ЗРТ псевдоморфозы по оливину достигают до 25 % объема кимберлита. Существенную роль здесь играет ксеногенный материал, представленный обломками осадочных пород, кристаллических сланцев и в небольшом количестве глубинных ультраосновных образований. Часто ядрами или центрами автолитов являются ксенолиты осадочных или метаморфических пород. Основная масса таких кимберлитов представлена карбонат-серпентиновыми агрегатами, мелкими выделениями магнетита и псевдоморфозами по оливину. Основной объем трубки выполняют КБ второй фазы внедрения. Автолиты нередко различаются объемами микролитов карбонатов. В слабо измененных КБ основная масса имеет серпентиновый и карбонат-серпентиновый состав, хотя в интервалах более интенсивного дробления в ней доминируют карбонаты. На некоторых глубинах диатремы (294-409 м и др.) скважинами вскрыт пепельно-серый кимберлит с низким (меньше 5 %) содержанием ксенолитов осадочных пород. Встречаются в кимберлитах автолиты, различающиеся количеством флогопита. Установлено сложное строение кимберлитов глубоких горизонтов ВРТ трубки Удачная [21-23], обусловленное многофазным обликом пород. Отмечено различие мнений исследователей, выделяющих от двух до пяти типов кимберлитов в каждом из тел. Мы склоняемся к группе исследователей, выделяющим в каждом теле по три разновидности пород, различающихся количеством и характером распределения почти не измененного оливина, граната, ксеногенного материала и автолитов. Верхние горизонты диатремы сложены первой разновидностью, в то время как вторая выполняет эндоконтактные зоны глубже 350 м. Центральные части ВКТ (ниже 400 м) выполнены КБ третьей разновидности. Уникальные по сохранности кимберлитовые породы, вскрытые в центральной части ВРТ (глубины 350-430 и 600-650 м), характеризуются брекчиевой текстурой и высокими концентрациями почти не затронутых серпентинизацией оливина [10-14, 20-23], а также порфировой структурой. Вкрапленники оливина представлены зернами (размером более 1,0-2,5 мм) удлинено-овальной, изометрической и неправильной формы, часто с реликтами кристаллографической огранки. Реже встречаются идиоморфные или удлинено-овальные зерна оливина размером меньше 0,5 мм. Концентрация такого неизмененного оливина в тяжелой фракции кимберлитовых пород достигает до 216 кг/т [24-26]. В «свежем» кимберлите для восточного тела трубки Удачная идентифицированы земкорит, шортит, монтичеллит, периклаз и санидин. Для трубки Удачная характерны [11-14, 18-21] внутритрубочные и дотрубочные дайки, расположенные во вмещающих породах и имеющих северо-восточное, субширотное, субмеридиональное и северо-западное простирание, протягивающиеся от первых десятков до 500 м.

Результаты исследований алмазов [1-5, 17-19] позволили получить информацию об условиях их образования, последующего существования и изменения, что очень важно для совершенствования методики прогнозирования, поисков и оценки коренных и россыпных месторождений алмазов. Наиболее информативными являются следующие методы изучения: морфологии, фотолюминесценции, распределения оптически активных азотных и водородных центров, электронный парамагнитный резонанс, химический состав твердых включений в алмазах и др. Главнейшими из них являются определения принадлежности алмазов к определенной минералогической разновидности, что проводится с использованием комплекса взаимосвязанных признаков и свойств. Многолетними исследованиями алмазов из россыпей и кимберлитовых тел СП, с применением минералогической классификации, предложенной Ю.Л. Орловым [30]

и имеющей глубокое физическое обоснование [21-25], по которой выделяется 11 генетических разновидностей алмазов (с дополнительным разделением кристаллов отдельных разновидностей по габитусу и морфологическим типам кристаллов), накоплен громадный фактический материал по типоморфным особенностям минерала из кимберлитовых диатрем, современных отложений и разновозрастных вторичных коллекторов с выделением типов их первоисточников. В настоящей работе использованы доступные материалы исследований специалистов, проводимых в различные годы под руководством известных специалистов-алмазников: К.П. Аргунова, В.П. Афанасьева, З.В. Бартошинского, Ю.М. Биленко, А.П. Бобриевича, А.И. Боткунова, М.А. Гневушева, Э.С. Ефимовой, В.Р. Захаровой, В.И. Коптиля, В.Н. Квасницы, А.И. Махина, В.П. Миронова, А.Д. Харькива, Г.К. Хачатрян и др. Сравнительному анализу в данной работе по ДКП использовано около 20000 комплексно изученных кристаллов алмаза.

Алмазы из кимберлитов *трубки Удачная* по комплексу типоморфных особенностей (рис. 2) имеют много общих черт с кристаллами минерала из диатрем Сытыканская и Комсомольская [14-17]. В описываемой диатреме доминируют прозрачные бесцветные (реже эпигенетически окрашенные в дымчато-коричневые цвета слабой интенсивности) кристаллы I разновидности по Ю.Л. Орлову [30], составляющие до 90 % всех изученных индивидов (рис. 3 и 4). Из других разновидностей наиболее распространенными являются поликристаллические агрегаты VIII и IX разновидностей (соответственно, от 3 до 15 % общего количества всех кристаллов). Алмазы II разновидности – это равномерно окрашенные в желтые и оранжевые цвета кристаллы кубического (реже октаэдрического и ромбододекаэдрического) габитуса, не светящихся в рентгеновских лучах, среди которых выделяется [15, 19] два генетических ряда, различающиеся формами кристаллов (октаэдрический и кубический).



Рис. 2. Фото алмазов из кимберлитов восточного тела трубки Удачная (Далдынское поле)

Fig. 2. Photo of diamonds from kimberlites of the eastern body of Udachnaya tube (Daldyn field)

Алмазы III разновидности – бесцветные и окрашенные в серые цвета кристаллы кубического габитуса, острые, со своеобразной внутренней текстурой, не светящиеся в рентгеновских лучах. К IV разновидности относятся обычные зональные кристаллы с бесцветным ядром и оболочкой, окрашенной в желтый, зеленый, реже светло-серый цвет. В основном это кристаллы ряда октаэдр-ромбододекаэдр-куб. Алмазам из кимберлитов трубки Удачная присущи также свойственные только этой диатреме особенности (рис. 3 и 4), главными из которых – повышенное содержание кубов II и III разновидностей, близких по своим особенностям к кристаллам из включений эклогитов [20-26], существенная доля сингенетических включений, повышенное содержание обломков, бесформенных осколков и камней с желтой фотолюминесценцией (рис. 5).

Отмечено заметное колебание в распределении алмазов по рудным столбам и разновидностям кимберлитов трубки Удачная. В ЗРТ отмечено сравнительно высокое содержание кристаллов II и III разновидностей [1-3, 14-16]. Среди алмазов I разновидности преобладают кристаллы октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов (в сумме 29-46 %) при высокой роли ламинарных кристаллов с занозистой штриховкой (26-40 %). В резко подчиненном количестве в трубке Удачная отмечены остальные морфологические группы алмазов I разновидности. Додекаэдровиды с шагренью и полосами пластической деформации отмечены в подчиненном количестве (5-16 %). В жильном кимберлите ЗРС установлено повышенное количество округлых алмазов. Встречены в описываемой диатреме также псевдогемиморфные кристаллы I разновидности, реже бесцветные кубы и тетрагексаэдровиды. Отмечены заметные колебания в вертикальном разрезе обоих рудных тел содержания алмазов различных морфогенетических групп I разновидности. Исследованиями не установлено существенных различий по габитусу и морфогенетическим группам

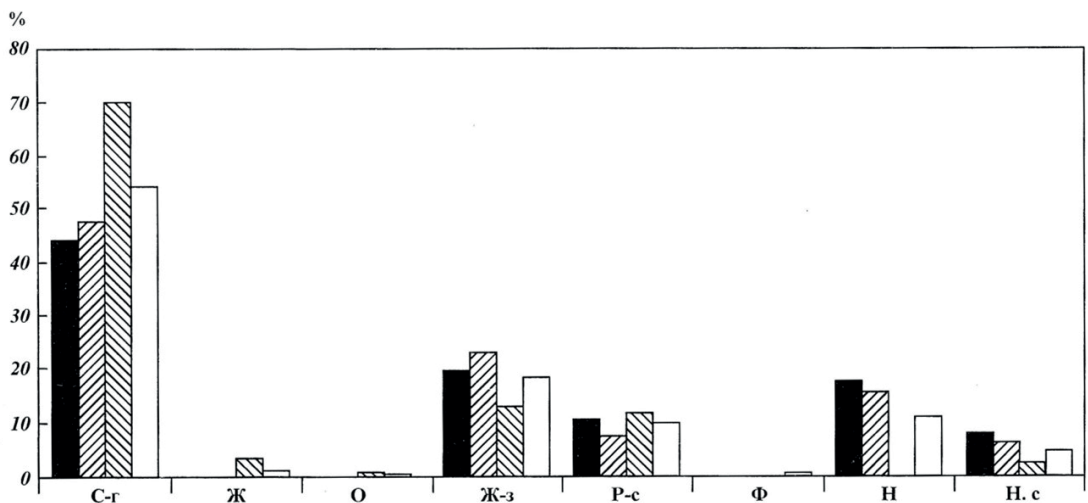


Рис. 3. Типоморфные особенности алмазов из кимберлитовых тел Далдынского поля:

1-1У, УШ – разновидности алмазов по Ю.Л.Орлову (О – октаэдры, ОД – переходные формы, Р – ламинарные ромбододекаэдры, Д1 – додекаэдры скрытослоистые, Д2 – додекаэдры с шагренью, К – кубы, б/т – осколки); 1 – 3 – трубки: восточное тело трубки Удачная, 2 – западное тело трубки Удачная, 3 – Зарница, 4 – среднее по полю

Fig. 3. Typomorphic features of diamonds from kimberlite bodies of the Daldyn field:

1-1U, USH – varieties of diamonds according to Orlov (O – octahedra, OD – transitional forms, P – laminar rhombododecahedra, D1 – hidden-layered dodecahedra, D2 – dodecahedra with shagreen, K – cubes, b/t – fragments); 1 – 3 – pipes: eastern body of the Udachnaya pipe, 2 – western body of Udachnaya pipe, 3 – Zarnitsa, 4 – average in the field

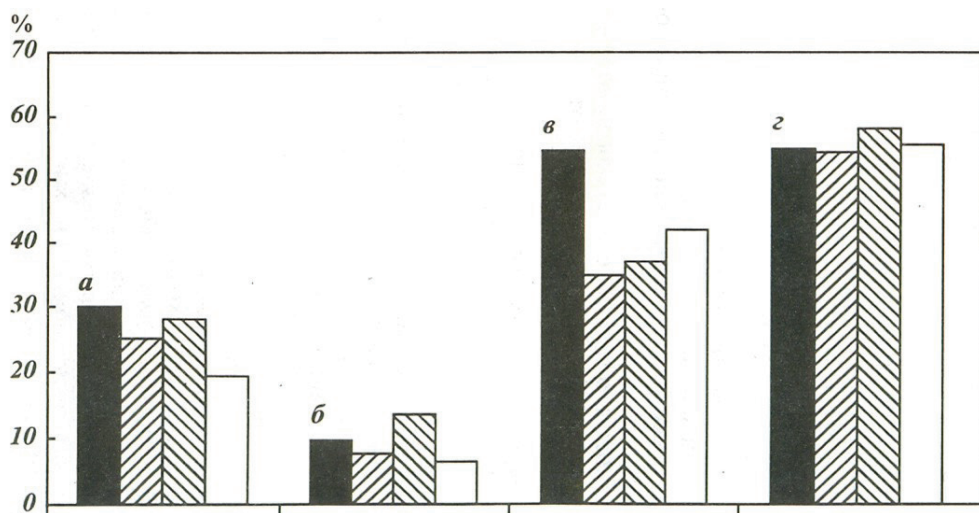


Рис. 4. Некоторые типоморфные особенности алмазов из кимберлитовых тел Далдынского поля:

а – двойники и сростки; б – двойники; в – окрашенные алмазы; г – алмазы с твердыми включениями.

Условные обозначения см. на рис. 3

Fig. 4. Some typomorphic features of diamonds from kimberlite bodies of the Daldyn field:

а – twins and accretions; б – twins; в – colored diamonds; г – diamonds with solid inclusions.

See the legend in Fig. 3

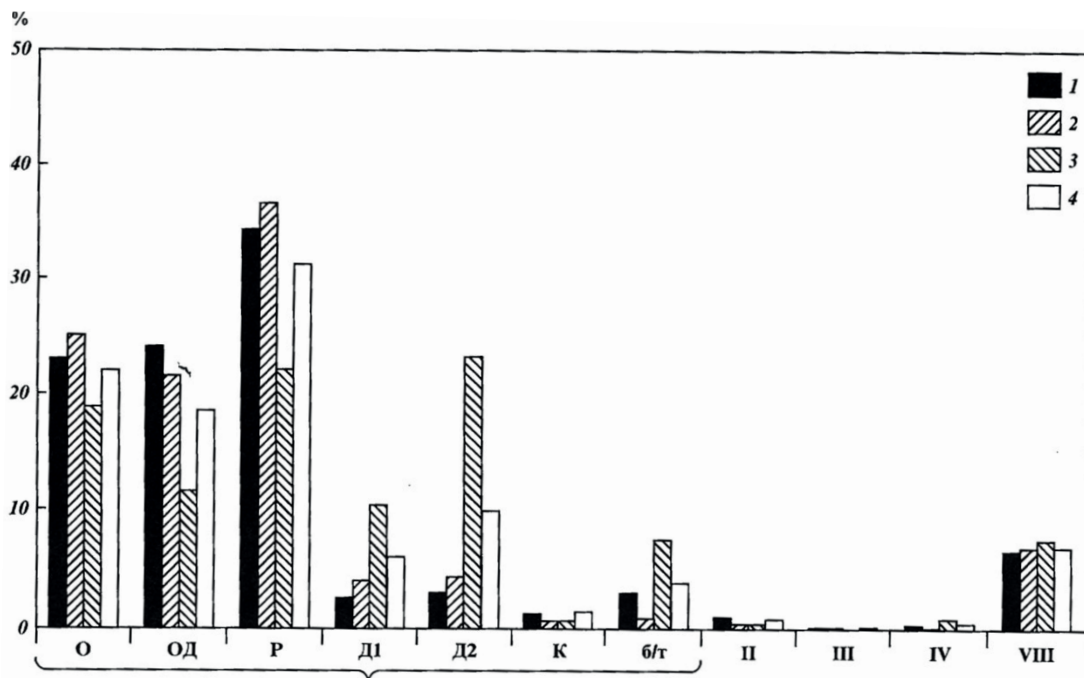


Рис. 5. Фотолюминесцентные особенности алмазов из кимберлитовых тел Далдынского поля:

Цвет люминесценции: С-г – сине-голубой, Ж – желтый, О – оранжевый, Ж-з – желто-зеленый, Р-с – розово-сиреневый, Ф – фиолетовый, Н – неопределенный, Н.с. – не светящиеся алмазы; прочие условные обозначения см. на рис. 3

Fig. 5. Photoluminescent features of diamonds from kimberlite bodies of the Daldyn field:

Luminescence color: C-g – blue-blue, W – yellow, O – orange, W-z – yellow-green, R-s – pink-lilac, F – purple, H – indeterminate, N.S. – non-luminous diamonds; see other symbols in Fig.3

кристаллов в различных разновидностях кимберлитовых пород в кимберлитах трубки Удачная. В жильном кимберлите ЗРС в повышенном количестве содержатся додекаэдриды с шагренью и полосами пластической деформации. Среди алмазов трубки Удачная, по сравнению с другими разведанными диатремами СП, отмечена повышенная роль (7-26 %) бесформенных осколков без признаков первоначальной огранки, часть из которых имеют несомненно техногенную природу (рис. 6), что связано [17, 26] с повышенными физико-механическими свойствами кимберлитов диатремы. Для кимберлитов трубки Удачная характерны как целые, хорошо индивидуализированные монокристаллы, так и двойники (30-34 %) по шпинелевому закону и различного рода сростки. Реже (3-13 %) встречаются вростки и поликристаллические сростки. Для кимберлитов трубки Удачная характерна существенная роль принадлежит окрашенным в различные цвета камням, в отдельных интервалах, составляющих до половины (а иногда и более) алмазной продукции диатремы. Преобладают индивиды, окрашенные в дымчато-коричневые, реже лилово-коричневые цвета. Алмазы III и VIII-IX разновидностей часто окрашены в серые цвета из-за эпигенетических включений графита. К другим цветовым разностям минерала относятся желтая и желто-зеленая окраска, характерные для кристаллов II и IV разновидности. Редкой является соломенно-желтая и цвета морской волны окраска кристаллов I разновидности. Повышенное количество окрашенных кристаллов установлено в КБ и жильном кимберлите ЗРС и породах ВРС. Закономерностей в распределении окрашенных алмазов в отдельных разновидностях кимберлитов в вертикальном разрезе диатремы не установлено [14-17]. Пониженное содержание окрашенных камней установлено в ПК ВРС. По особенностям фотолюминесценции алмазов в кимберлитах трубки Удачная преобладают (28-55 %) индивиды с сине-голубым свечением (рис. 7). Алмазы с розово-сиреневым, зеленым и слабым неопределенного цвета встречаются редко. Еще реже встречаются индивиды с желтым и оранжевым свечением, а также без признаков видимого свечения в ультрафиолетовых лучах.

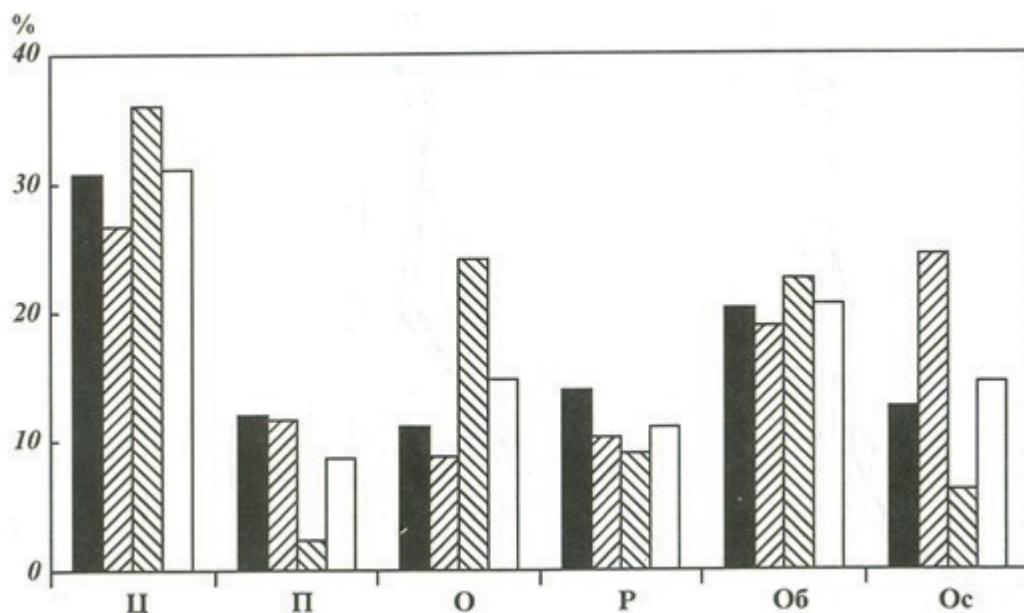


Рис. 6. Сохранность (целостность) алмазов из кимберлитовых тел Далдынского поля:

ц – целые кристаллы, П – поврежденные, О – обломанные, Р – расколотые, Об – обломки, Ос – осколки; прочие условные обозначения см. на рис.3

Fig. 6. The safety (integrity) of diamonds from kimberlite bodies of the Daldyn field:

c – whole crystals, P – damaged, O – broken, P – split, Ob – fragments, Os – fragments; other symbols see Fig.3

Роль кристаллов с желтым свечением в целом по трубке Удачная заметно выше по сравнению с алмазами других кимберлитовых тел СП. Заметными колебаниями по разрезу диатремы в вертикальном разрезе рудных тел характеризуются алмазы с различными цветами фотолюминесценции. Пониженное количество алмазов с сине-голубой фотолюминесценцией установлено на глубоких горизонтах (600-900 м) КБ ЗРС и ВРС. Одновременно увеличивается роль кристаллов с розово-сиреневым или слабым, неопределенного цвета свечением. Однако отдельные разновидности кимберлитов трубки Удачная по фотолюминесцентным особенностям алмазов между собой в целом различаются незначительно, за исключением жильного кимберлита ВРС и ЗРС. В алмазах трубки Удачная обнаружены [24-27] сингенетические включения ультраосновной (оливин, хромит, малиновый гранат, энстатит и хромдиопсид) и эклогитовой (оранжевый гранат и омфацит) ассоциаций. Наиболее распространенным среди эпигенетических включений в алмазах описываемой диатремы является графит. Среднее содержание азота в алмазах из кимберлитов трубки Удачная невысокое [6-9] – 295 at ppm, причем А-центр составляет около 70 % общей концентрации А- и В1- дефектов (рис. 7). Отмечена также несколько повышенная роль водородного центра ($1,3 \text{ см}^{-1}$). Наиболее низким среди алмазов из кимберлитов ДААР характеризуется для кристаллов трубки Удачная содержание «пластиночных» дефектов (Р или В2).

Кимберлитовая трубка Зарница расположена на правом берегу р. Далдын (водораздел ручьев Дыха и Загадочного) в поле сплошного развития ордовикских отложений (рис. 8). По размеру (площадь 32 га) она занимает второе место на СП после трубки Юбилейная. Сечение верхних горизонтов диатремы имеет овально-округлую, близкую к изометричной форму, а вид вертикального сечения – конический. Трубка прорывает карбонатные и глинисто-карбонатные породы нижнего палеозоя и верхнего кембрия. На контакте трубки с вмещающими породами отмечено несколько зон нарушений: а) пликтивных дислокаций; б) интенсивного дробления и дизъюнктивных дислокаций; в) брекчирования и интенсивного приконтактного изменения. Выделено [4, 14, 26] пять разновидностей кимберлитов, различающихся окраской, насыщенностью ксенолитами и измененностью вторичными процессами. По текстурно-структурным признакам кимберлитовых пород диатремы разделяются на два типа: в пределах разведанной верхней части рудное тело сложено АКБ, а ниже 450 м залегают КБ с массивной текстурой цемента. В приконтактных участках диатремы с вмещающими породами в пределах северного, юго-восточного и северо-западного флангов, а также в её центральной части встречены блоки атакситовой кимберлитовой брекчии (АКБ). Последняя характеризуется флюидалной и автолитовой (шаровой) текстурами, содержит от 6 до 75 % автолитов, округло-угловатых обломков вмещающих пород и крупнопорфирового кимберлита (КПК). Для КБ с массивной текстурой цемента отмечена низкая роль автолитов (меньше 1 %), равномерное распределение ксенолитов осадочных образований (20-25 %) и небольшое количество обломков метаморфических и глубинных пород.

Для кимберлитов трубки Зарница характерны овальные и угловато-овальные псевдоморфозы серпентина и кальцита по оливину (до 7 %), единичные зерна пикроильменита, пиропы и флогопита. Для АКБ характерна массивная шпирово-такситовая и флюидалная текстуры, а также пониженная (до 10 %) роль ксенолитов вмещающих пород. Редко в породах присутствуют округлые выделения автолитов (размером до 10 см). Для пород диатремы характерна карбонат-сульфидная минерализация (прожилки или неправильные выделения). А в отдельных блоках трубки встречаются серпентин-карбонатные желваки. Несмотря на близкое с другими трубками ДКП содержание основных петрогенных компонентов, кимберлиты трубки Зарница характеризуются более высокими концентрациями оксидов магния, титана и суммарного железа [4, 26].

Алмазоносность кимберлитовых пород диатремы Зарница в целом невысокая, однако повышенное содержание в ней ювелирных и крупных алмазов позволяет разрабатывать кимбер-

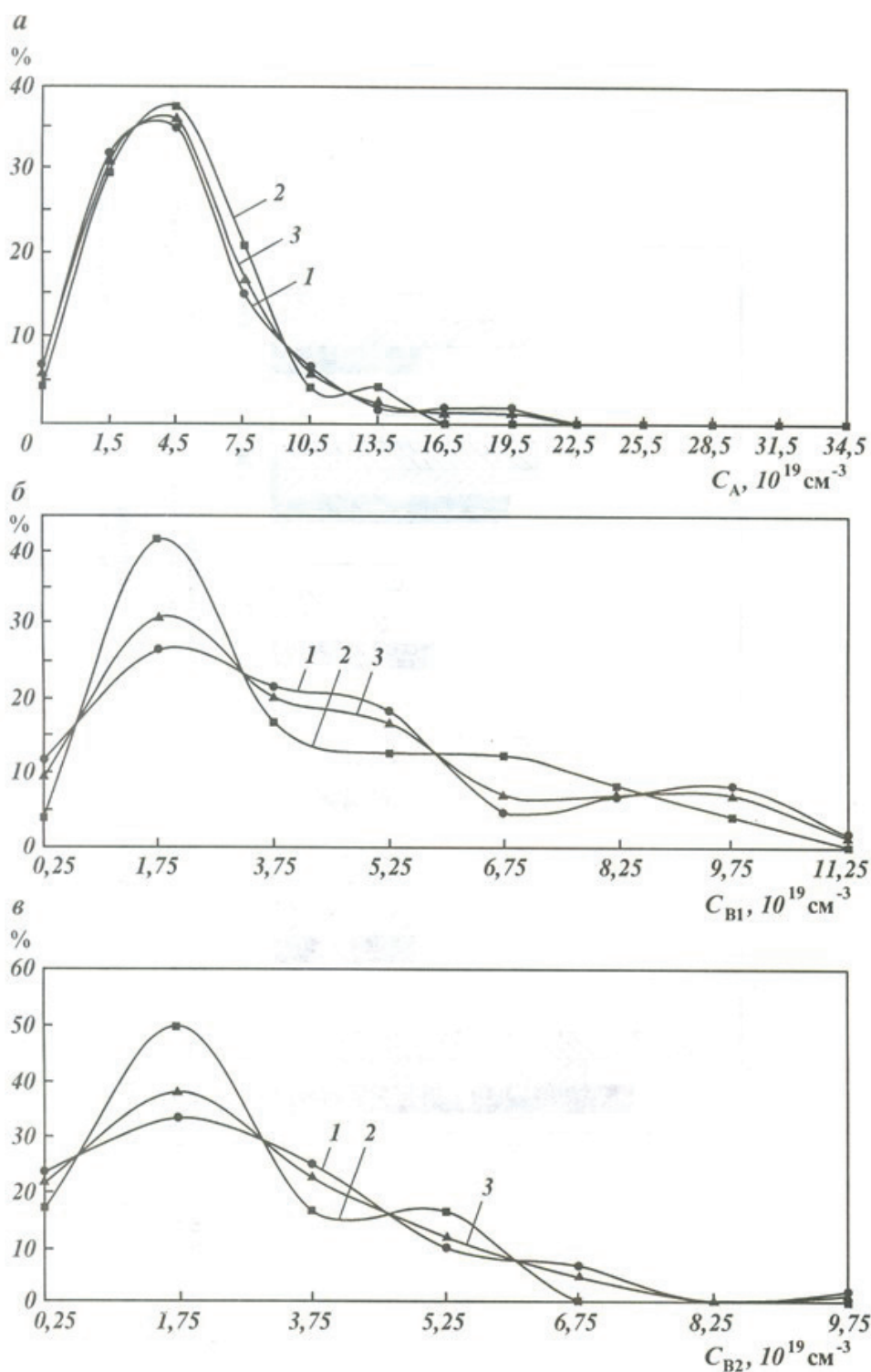


Рис. 7. Распределение алмазов трубки Удачная по концентрации C примесей [27]:
а – А-центра, б – В1-дефекта, в – В2-дефекта;
1-2 – алмазы классов -4+2 мм ($n=60$) и -8+4 мм ($n=24$) соответственно; 3 – среднее ($n=84$)

Fig. 7. The distribution of diamonds of the pipe is successful in concentration C impurities [27]:
а – А-center, б – В1-defect, в – В2-defect;
1-2 – diamonds of classes -4+2 mm ($n=60$) and -8+4 mm ($n=24$), respectively; 3 – average ($n=84$)

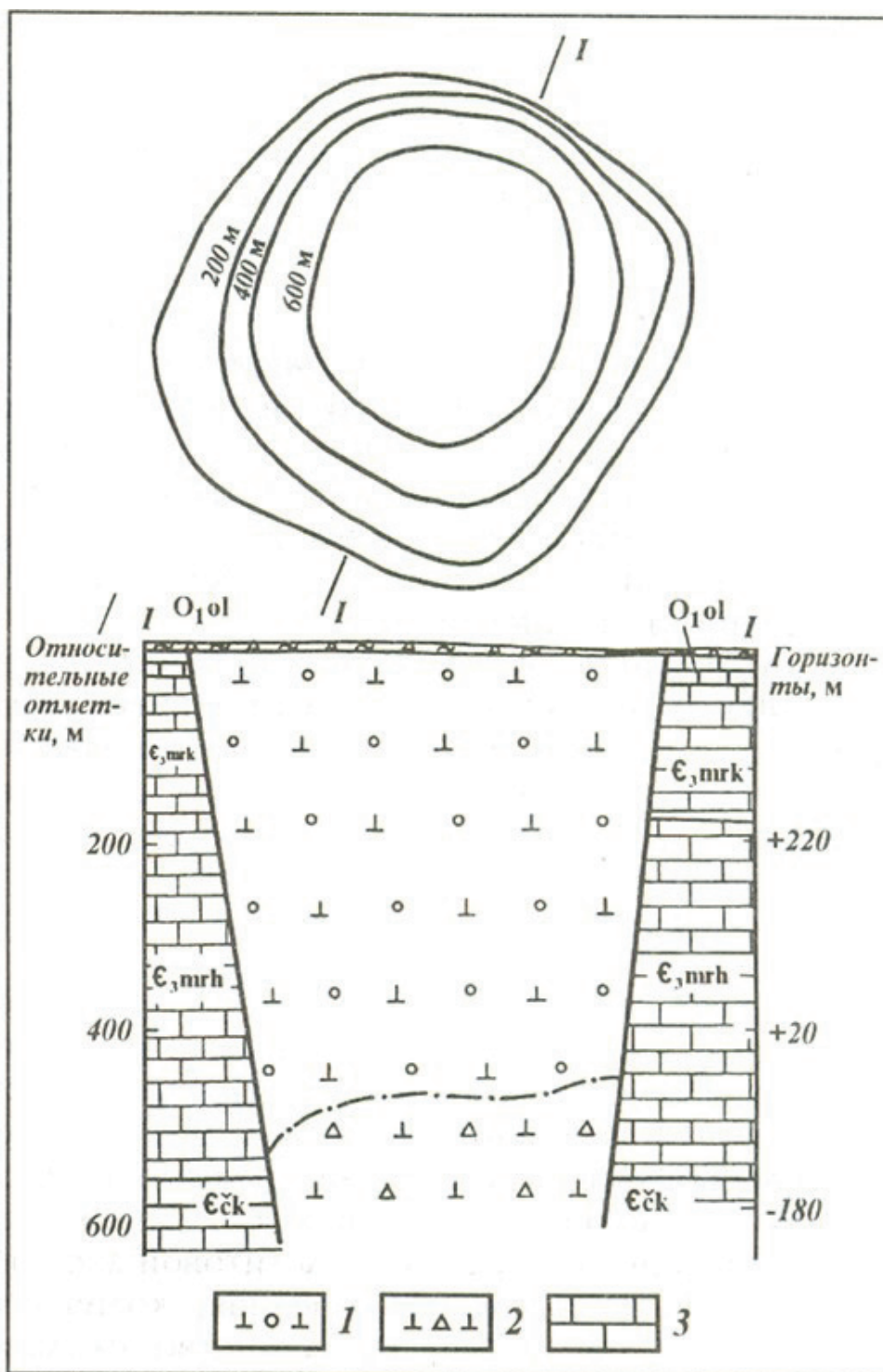


Рис. 8. Изменение морфологии с глубиной (в плане) и схематический разрез трубки Зарница:

1 – автолитовая брекчия; 2 – брекчия с массивной текстурой цемента; 3 – вмещающие трубку породы нижнего палеозоя

Fig. 8. Morphological change with depth (in plan) and schematic section of Zarnitsa pipe:

1 – autolithic breccia; 2 – breccia with a massive cement texture; 3 – rocks of the Lower Paleozoic containing the pipe

литы, шихтуя руды совместно с аналогичными породами трубки Удачная. Кимберлиты трубки Зарница характеризуются (рис. 9) преобладанием (до 91 %) кристаллов ромбододекаэдрического габитуса I разновидности, при максимальном (32,8 %) для кимберлитовых тел ДААР содержании округлых алмазов. В кимберлитах трубки встречаются также желтые октаэдры II разновидности «удачнинского» типа, соломенно-желтые, желтые, реже серые алмазы с оболочкой IV разновидности (до 1 %) и поликристаллические агрегаты VIII разновидности (7 %). Роль округлых додекаэдроидов увеличивается (до 22 %) в более крупных кристаллах. Кристаллы октаэдрического габитуса (до 19 %) и ламинарные ромбододекаэдры (21 %) отмечены в примерно равных количествах. Преобладают (до 10 %) октаэдры с полицентрическим строением граней. Содержание октаэдров уменьшается с увеличением крупности кристаллов, хотя по горизонтам они распределены примерно одинаково. Ламинарные ромбододекаэдры обычно тонкослоистые (18 %). Количество алмазов переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитуса невысокое (11 %), увеличиваясь с гранулометрическим размером. Среди них преобладают (до 5 %) индивиды с полицентрическим строением граней и блоковой скульптурой (до 1 %). Количество псевдогемиморфных кристаллов, являющихся формой растворения минерала, обычно не превышает 5 %. Количество осколков с протоматматическими и механическими сколами увеличивается с уменьшением крупности алмазов. Отмечено высокое (до 28 %) содержание двойников и сростков. Количество двойников (13 %) и незакономерных сростков (9 %) увеличивается с укрупненностью камней. До 40 % отмечено содержание кристаллов с признаками природного травления, среди которых преобладают индивиды со шрамами (22 %); в подчиненном количестве минералов с полосами пластической деформации (3 %) и треугольными впадинами (3 %). Содержание алмазов с кавернами и коррозией обычно не превышает 2 %. Большинство алмазов прозрачные, а содержание полупрозрачных камней невысокое (не выше 24 %). Количество окрашенных кристаллов нередко достигает 37 %. Преобладают



Рис. 9. Фото алмазов из кимберлитов трубки Зарница (Далдынское поле)

Fig. 9. Photo of diamonds from kimberlites of Zarnitsa pipe (Daldyn field)

лилово-коричневая (20 %), коричневая (8 %) и серая (6 %) окраски. Отмечено высокое (до 58 %) содержание алмазов с твердыми включениями, среди которых доминируют эпигенетические графит-сульфидные включения (47 %). При не превышающей 40 % сохранности алмазов, отмечается много минералов со сколами, имеющими протоматматический (26 %) и механический (16 %) характер. Нередко встречаются обломки кристаллов с техногенными сколами. Около половины общего количества изученных кристаллов составляют алмазы без трещин, содержание которых уменьшается с увеличением размера гранулометрических классов минерала. Среди трещиноватых алмазов преобладают индивиды с единичными глубокими трещинами (до 25 %). По фотолюминесцентным особенностям доминируют (рис.5) алмазы с сине-голубым свечением (до 70 %) при примерно равном содержании кристаллов с желто-зеленым (13 %) и розово-сиреневым (12 %) цветами люминесценции. Содержание примесного азота в форме А-центра в ИК-области спектра алмазов трубки Зарница является максимальным в ДААР и составляет 514 at ppm [6, 15], причем А-центр составляет 64 % общего содержания азота в форме А- и В1-дефектов. Величина водородного центра в алмазах описываемой диатремы является максимальным в ДААР ($1,9 \text{ см}^{-1}$). Роль «пластиночных» дефектов (Р или В2) сравнительно высокое ($9,1 \text{ см}^{-1}$). Другие типоморфные особенности алмазов из кимберлитов диатремы близки к таковым из трубки Удачная [12-14].

Заключение

Проведенные исследования позволяют утверждать, что алмазы из крупных диатрем ДКП (Удачная и Зарница) характеризуются комплексом типоморфных особенностей, специфических для каждой из них. Для алмазов промышленных месторождений поля в целом характерны свойства кристаллов, позволяющие уверенно отличать их от аналогичных минералов коренных месторождений Малоботубинского (МБАР) и Среднемархинского (СМАР) алмазоносных районов, что свидетельствует о специфических условиях алмазообразования в каждом из этих районов. Общим для алмазов ДКП является сравнительно невысокое (13-26 %) содержание кристаллов октаэдрического габитуса I разновидности при примерно таком же количестве индивидов переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов. Преобладают ламинарные ромбододекаэдриды при переменном (более чем на 2 порядка – в зависимости от алмазоносности) содержании типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа, являющихся неблагоприятным критерием алмазоносности. Характерны для алмазов из кимберлитов ДКП кристаллы со сноповидной и занозистой штриховками. Для большинства диатрем поля отмечено увеличение содержания кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов с увеличением крупности кристаллов. Общим для алмазов поля является высокое содержание двойников и сростков (преимущественно незакономерных), значительное (30-40 %) количество окрашенных кристаллов (в основном лилово-коричневых из-за пластической деформации), а также преобладание (40-60 %) кристаллов с включениями (в основном эпигенетическими графит-сульфидными) при резком (95-100 %) превалировании среди синтетических включений минералов-узников ультраосновной ассоциации. По фотолюминесцентным особенностям в изученных диатремах преобладают кристаллы с сине-голубым и желто-зеленым свечением. Общим для ДКП является низкое содержание примесного азота в форме А-центра с основным максимумом распределения в области $(2-4) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ и побочными высокоазотными максимумами в областях $(8-10) \cdot 10^{19}$, $(12-14) \cdot 10^{19}$ и $(14-16) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ (различимы в отдельных месторождениях). В абсолютных измерениях содержание примесного азота в форме А-центра колеблется в пределах 171-514 at ppm, что в 2-3 раза ниже по сравнению с эксплуатируемыми месторождениями МБАР. Характерной особенностью алмазов ДТП являются относительно повышенное (31-44 % общей концентрации азота) содержание В1-центров, что выше в 2 раза по сравнению с данными для МБАР. Различия минералогических и физических особенностей алмазов различных алмазоносных районов и полей свидетельствует о различии термодинамических и геохимических условий их образования и гетерогенности

(неоднородности) строения верхней мантии Земли в пределах отдельных частей СП. Вместе с тем, в отдельных кимберлитовых телах ДКП в значительных количествах (5-15 %) содержатся только им присущие минералогические разновидности алмазов. Это относится к встреченным в трубке Удачная и, частично, в Зарнице алмазов с оболочкой IV, желтых кубоидов II, серых кубов III, желтых октаэдров II разновидностей удачнинского типа, а также поликристаллических сростков VIII разновидности. Большинство этих разновидностей имеют эклогитовый генезис, что может свидетельствовать о вертикальной неоднородности верхней мантии и различной глубине заложения магматических очагов даже в пределах одного алмазоносного района или поля. Отмечена также различная степень проявления эпигенетических процессов растворения, травления и пластической деформации алмазов в отдельных кимберлитовых диатремах, что связано с различием условий их формирования. Нахождение алмазов длительное время как в стабильной, так и нестабильной для них обстановке сопровождается отжигом, растворением, окислением, коррозией, механическими нарушениями и другими изменениями. При попадании алмазов в кимберлитовую магму неизбежно их растворение, поскольку на этом этапе давление и температура соответствуют термодинамической стабильности графита, а сама кимберлитовая магма является реакционной средой по отношению к алмазу вследствие более высокого окислительного потенциала по сравнению с условиями верхней мантии. Полигенез алмаза и приуроченность его к различным глубинным мантийным породам подчеркивается практически всеми исследователями кимберлитов. Разнообразие характера алмазов в каждой многофазной диатреме обуславливаются различным количественным соотношением кристаллов и поликристаллических образований и неодинаковой степенью воздействия на них эпигенетических процессов. О различии условий формирования отдельно взятых диатрем свидетельствует и отличия типоморфных особенностей алмазов отдельных рудных столбов в пределах некоторых кимберлитовых тел сложного геологического строения (Удачная, Зарница и др.). Алмазам из кимберлитовых тел ДАП присуще преобладание кристаллов ромбододекаэдрического габитуса при переменных (в зависимости от степени алмазоносности) содержаниях типичных округлых алмазов I разновидности. Для них характерны повышенная агрегация азотных центров при значительной концентрации B1- и B2 (P)-центров, что свидетельствует о максимальных температурах образования по сравнению с другими полями, что привело к отжигу и пластической деформации кристаллов. Из скульптур на гранях преобладают сноподобная и занозистая штриховки. Повышенное содержание сростков и вростков является характерным для монокристаллических алмазов и свидетельствует об образовании их значительной части в условиях, близких к равновесным для алмаза и графита. Присутствие значительного количества кристаллов с признаками природного травления (шрамы, коррозия, матировка и каверны) свидетельствуют об эпигенетических изменениях алмазов на последних этапах формирования кимберлитовых тел в условиях повышенной фугитивности кислорода. Алмазы из трубок Удачная и Зарница по комплексу типоморфных признаков имеют много общих черт с кристаллами основных промышленных коренных месторождений СП (трубками Сытыканская, Комсомольская и др.). Однако им присущи некоторые свойственные только трубке Удачная особенности: заметно повышенное содержание кубов II и III разновидностей, относительно высокая роль сингенетических включений, повышенное количество обломков и бесформенных осколков, а также камней с желтой фотолуминесценцией. Наряду с общими для сложнопостроенной трубки Удачная типоморфными особенностями алмазов установлены отличия отдельных рудных столбов, причем в ряде случаев они носят статистический характер. Изучение их в вертикальном разрезе рудных тел свидетельствует об отсутствии определенных закономерностей изменения их с глубиной. Более четкие связи особенностей алмазов установлены с вещественным составом отдельных разновидностей кимберлитовых пород. Результаты исследований и анализ типоморфных особенностей алмазов из основных промышленных месторождений ДКП свидетельствуют как о неоднородностях строения верхней мантии в пределах провинции (на что указывают

генетические разновидности алмазов и состав сингенетических включений в них), так и о различиях и проявлении эпигенетических процессов, приведших к растворению, коррозии и пластической деформации кристаллов отдельных районов и полей, разных фаз и эпох кимберлитового магматизма этой территории.

Литература

1. Афанасьев, В.П. Минералогия и некоторые вопросы генезиса алмазов V и VII разновидностей (по классификации Ю.Л. Орлова) / В.П. Афанасьев, А.П. Елисеев, В.А. Надолинный [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского государственного университета. – Геология. – 2000. – № 5. – С. 79-97.
2. Афанасьев, В.П. Полигенез алмазов в связи с проблемой коренных россыпей северо-востока Сибирской платформы / В.П. Афанасьев, Н.Н. Зинчук, В.И. Коптиль. – Текст: непосредственный // Доклады Академии наук. – 1998. – Т. 361. – № 3. – С. 366-369.
3. Афанасьев, В.П. Особенности распределения россыпных алмазов, связанных с докембрийскими источниками / В.П. Афанасьев, Н.Н. Зинчук, А.М. Логвинова – Текст: непосредственный // Записки Российского минералогического общества. – 2009. – Т. 138. – № 2. – С. 1-13.
4. Афанасьев, В.П. Особенности морфологии и состава некоторых хромшпинелидов алмазоносных площадей в связи с проблемой «ложных» индикаторов кимберлитов / В.П. Афанасьев, Н.П. Похиленко, А.М. Логвинова [и др.]. – Текст: непосредственный // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41. – № 12. – С. 1729-1741.
5. Василенко, В.Б. Геодинамический контроль размещения кимберлитовых полей центральной и северной частей Якутской кимберлитовой провинции (петрохимический аспект) / В.Б. Василенко, Н.Н. Зинчук, Л.Г. Кузнецова – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. 2000. – № 3(9). – С. 37-55.
6. Гладков, А.С. Тектонофизические исследования при алмазопроисловых работах : методическое пособие / А.С. Гладков, С.А. Борняков, А.В. Манаков, В.А. Матросов. – Москва : Научный мир. – 2008. – 175 с. – Текст: непосредственный.
7. Дукардт, Ю.А. Авлакогенез и кимберлитовый магматизм / Ю.А. Дукардт, Е.И. Борис. – Воронеж : ВГУ, 2000. – 161 с. – Текст: непосредственный.
8. Егоров, К.Н. Перспективы коренной и россыпной алмазоносности Юго-Западной части Сибирской платформы / К.Н. Егоров, Н.Н. Зинчук, С.Г. Мишенин [и др.]. – Текст: непосредственный // 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», посвященной 35-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА». – Мирный : МГТ, 2003. – С. 50-84.
9. Зинчук, Н.Н. Опыт литолого-минералогических исследований древних осадочных толщ в связи с алмазопроисловыми работами (на примере Сибирской платформы) / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2014. – № 1. – С. 13-19.
10. Зинчук, Н.Н. Особенности минералов слюд в кимберлитах / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского университета. Геология. – 2018. – № 2. – С. 29-39.
11. Зинчук, Н.Н. Типоморфные свойства индикаторных минералов кимберлитов и их использование при прогнозировании месторождений алмаза на Сибирской платформе / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Отечественная геология. – 2021. – № 2. – С. 41-56.
12. Зинчук, Н.Н. Докембрийские источники алмазов в россыпях фанерозоя / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2021. – № 3. – С. 50-61.
13. Зинчук, Н.Н. Геологические исследования при поисках алмазных месторождений / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского университета. Геология. – 2021. – № 4. – С. 35-52.

14. Зинчук, Н.Н. Роль петролого-минералогических и геохимических исследований в оценке потенциальной алмазонасности кимберлитов / Н.Н. Зинчук // Отечественная геология. – 2022. – № 1. – С. 36-47.
15. Зинчук, Н.Н. Коры выветривания и их роль в формировании посткимберлитовых осадочных толщ / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Руды и металлы. – 2022. – № 2. – С. 100-120.
16. Зинчук, Н.Н. Литолого-стратиграфические исследования при алмазопроискоковых работах / Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Вестник СВФУ. Науки о Земле. – 2023. – № 1 (29). – С. 5-28.
17. Зинчук, Н.Н. О геолого-поисковых типах кимберлитовых трубок / Н.Н. Зинчук – Текст: непосредственный // Известия Коми НЦ УрО РАН. Науки о Земле. – 2023. – № 2 (60). – С. 43-56.
18. Зинчук, Н.Н. Генетические типы и основные закономерности формирования алмазонасных россыпей / Н.Н. Зинчук, В.П. Афанасьев. – Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1998. – № 2. – С. 66-71.
19. Зинчук, Н.Н. Особенности алмазов из кимберлитов Алаakit-Мархинского поля Сибирской платформы / Н.Н. Зинчук, Л.Д. Бардухинов. – Текст: непосредственный // Геммология. Материалы юбилейной 10-й научной конференции. – Томск : Томский ЦНТИ, 2023. – С. 12-24.
20. Зинчук, Н.Н. О концентрации продуктов переотложения кор выветривания в верхнепалеозойских осадочных толщах восточного борта Тунгусской синеклизы / Н.Н. Зинчук, Е.И. Борис. – Текст: непосредственный // Геология и геофизика. – 1981. – № 8. – С. 22-29.
21. Зинчук, Н.Н. Структурно-формационное и минерогенетическое районирование территорий развития погребенных кор выветривания и продуктов их переотложения в алмазонасных регионах (на примере Якутской кимберлитовой провинции) / Н.Н. Зинчук, Е.И. Борис, Ю.Б. Стегницкий. – Текст: непосредственный // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39. – № 7. – С. 950-964.
22. Зинчук, Н.Н. Стратегия ведения и результаты алмазопроискоковых работ / Н.Н. Зинчук, В.М. Зуев, В.И. Коптиль, С.Д. Чёрный. – Текст: непосредственный // Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53-57.
23. Зинчук, Н.Н. Изменение минерального состава и структурных особенностей кимберлитов Якутии в процессе выветривания / Н.Н. Зинчук, Д.Д. Котельников, В.Н. Соколов. – Текст: непосредственный // Геология и геофизика. – 1982. – № 2. – С. 42-53.
24. Зинчук, Н.Н. Апокимберлитовые породы / Н.Н. Зинчук, Ю.М. Мельник, В.П. Серенко // Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 66-72.
25. Квасница, В.Н. Типоморфизм микрокристаллов алмаза / В.Н. Квасница, Н.Н. Зинчук, В.И. Коптиль. – Москва : Недра, 1999. – 224 с. – Текст: непосредственный.
26. Котельников, Д.Д. Типоморфные особенности и палеогеографическое значение слюдяных минералов / Д.Д. Котельников, Н.Н. Зинчук. – Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1996. – № 1. – С. 53-61.
27. Мацюк, С.С. Оптическая спектроскопия минералов верхней мантии / С.С. Мацюк, Н.Н. Зинчук. – Москва : Недра. 2001. – 428 с. – Текст: непосредственный.
28. Мясников, Ф.В. Алмазонасная литосфера Сибирской платформы (по геофизическим данным). Тектоническое районирование / Ф.В. Мясников. – Текст: непосредственный // Отечественная геология. – 2022. – № 6. – С. 64-75.
29. Мясников, Ф.В. Алмазонасная литосфера Сибирской платформы (по геофизическим данным), эрдитарность докембрия, палеопротерозойский плюмовый магматизм, алмазонасность Анабарской тектонической провинции / Ф.В. Мясников. – Текст: непосредственный // Отечественная геология. – 2023. – № 1. – С. 70-91.
30. Орлов, Ю.Л. Минералогия алмаза / Ю.Л. Орлов. 2-е изд. – Москва : Наука, 1984. – 264 с. – Текст: непосредственный.
31. Розен, О.М. Состав и возраст земной коры северо-востока Сибирской платформы: изучение ксенолитов в кимберлитах и кернов глубоких скважин / О.М. Розен, Л.К. Левский, Д.З. Журавлёв [и др.]. – Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2006. – № 4. – С. 18-28.
32. Савко, А.Д. Эпохи мощного корообразования в истории Земли / А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев, Н.Н. Зинчук. – Воронеж : ВГУ, 1999. – 102 с. – Текст: непосредственный.

33. Серокуров, Ю.Н. Космические методы при прогнозировании и поисках месторождений алмазов / Ю.Н. Серокуров, В.Д. Калмыков, В.М. Зуев. – Москва : Недра, 2001. – 198 с. – Текст: непосредственный.
34. Харьков, А.Д. Петрохимия кимберлитов / А.Д. Харьков, В.В. Зуенко, Н.Н. Зинчук [и др.]. – Москва : Недра, 1991. – 304 с. – Текст: непосредственный.
35. Хитров, В.Г. Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава / В.Г. Хитров, Н.Н. Зинчук, Д.Д. Котельников. – Текст: непосредственный // Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 296. – № 5. – С. 1228-1233.
36. Grachanov, S.A. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform / S.A. Grachanov, N.N. Zinchuk, N.V. Sobolev. – Текст: непосредственный // Doklady Earth Sciences. – 2015. – Т. 465. – № 2. – Pp. 1297-1301.
37. Serov, I.V. Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform / I.V. Serov, V.K. Garanin, N.N. Zinchuk, A.Y. Rotman. – Text: unmediated // Petrology. – 2001. – Т. 9. – № 6. – Pp.576-588.
38. Vasilenko, V.B. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry / V.B. Vasilenko, L.G. Kuznetsova, N.I. Volkova [et.al.]. – Text: unmediated. // Journal of Geochemical Exploration. – 2002. – Т. 76. – № 2. – Pp. 93-112.

References

1. Afanas'ev, V.P. Mineralogija i nekotorye voprosy genezisaalmazov V i VII raznovidnostej (po klassifikacii Ju.L. Orlova) / V.P. Afanas'ev, A.P. Eliseev, V.A. Nadolinnij [i dr.]. – Текст: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologija. 2000. № -5. S.79-97.
2. Afanas'ev, V.P. Poligenezalmazov v svjazi s problemoj korennyh rossypej severo-vostoka Sibirskoj platformy / V.P. Afanas'ev, N.N. Zinchuk, V.I. Koptil'. – Текст: neposredstvennyj // Doklady Akademii nauk. 1998. T.361. № -3. S.366-369.
3. Afanas'ev, V.P. Osobennosti raspredelenija rossypnyhalmazov, svjazannyh s dokembrijskimi istochnikami / V.P. Afanas'ev, N.N. Zinchuk, A.M. Logvinova – Текст: neposredstvennyj // Zapiski Rossijskogo mineralogicheskogo obshhestva. 2009. T.138. № -2. S.1-13.
4. Afanas'ev, V.P. Osobennosti morfologii i sostava nekotoryh hromshpinelidovalmazonosnyh ploshhadej v svjazi s problemoj «lozhnyh» indikatorov kimberlitov / V.P. Afanas'ev, N.P. Pohilenko, A.M. Logvinova [i dr.] – Текст: neposredstvennyj // Geologija i geofizika. 2000. T.41. № -12. S.1729-1741.
5. Vasilenko, V.B. Geodinamicheskij kontrol' razmeshhenija kimberlitovyh polej central'noj i severnoj chastej Jakutskoj kimberlitovoj provincii (petrohimicheskij aspekt) / V.B. Vasilenko, N.N. Zinchuk, L.G. Kuznecova – Текст: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologija. 2000. № -3. (9). S.37-55.
6. Gladkov, A.S. Tektonofizicheskie issledovanija prialmazopiskovyh rabotah. Metodicheskoe posobie / A.S. Gladkov, S.A. Bornjakov, A.V. Manakov, V.A. Matrosov. M.: Nauchnyj mir. 2008. 175 s. – Текст: neposredstvennyj.
7. Dukardt, Ju.A. Avlakogenez i kimberlitovyj magmatizm / Ju.A. Dukardt, E.I. Boris. – Voronezh: VGU.2000.161 s. – Текст: neposredstvennyj.
8. Egorov, K.N. Perspektivy korennoj i rossypnojalmazonosnosti Jugo-Zapadnoj chasti Sibirskoj platformy / K.N. Egorov, N.N. Zinchuk, S.G. Mishenin [i dr.]. – Текст: neposredstvennyj. // Sb.: Geologicheskie aspekty mineral'no-syr'evoj bazy Akcionernoj kompanii «ALROSA»: sovremennoe sostojanie, perspektivy, reshenija. Dopolnitel'nye materialy po itogam regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii «Aktual'nye problemy geologicheskogo otrasli AK «ALROSA» i nauchno-metodicheskoe obespechenie ih reshenij», posvjashhennoj 35-letiju JaNIGP CNIGRI AK «ALROSA». Mirnyj: MGT. 2003. S.50-84.
9. Zinchuk, N.N. Opyt litologo-mineralogicheskix issledovanij drevnix osadochnyx tolshh v svjazi salmazopiskovymi rabotami (na primere Sibirskoj platformy) / N.N. Zinchuk – Текст: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologija. 2014. № -1. S.13-19.
10. Zinchuk, N.N. Osobennosti mineralov sljud v kimberlitah / N.N. Zinchuk – Текст: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo universiteta. Geologija. 2018. № -2. S.29-39.

11. Zinchuk, N.N. Tipomorfnye svojstva indikatornyh mineralov kimberlitov i ih ispol'zovanie pri prognozirovanii mestorozhdenij almaza na Sibirskoj platforme / N.N. Zinchuk – Tekst: neposredstvennyj // Otechestvennaja geologija. 2021. № -2. S.41-56.
12. Zinchuk, N.N. Dokembrijskie istochniki almazov v rossypjah fanerozoja / N.N. Zinchuk – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo un-ta. Geologija. 2021. № -3. S.50-61.
13. Zinchuk, N.N. Geologicheskie issledovanija pri poiskah almaznyh mestorozhdenij / N.N. Zinchuk. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Voronezhskogo universiteta. Geologija. 2021. № -4. S.35-52.
14. Zinchuk, N.N. Rol' petrologo-mineralogicheskikh i geohimicheskikh issledovanij v ocenke potencial'noj almazonosnosti kimberlitov / N.N. Zinchuk // Otechestvennaja geologija. 2022. № -1. S.36-47.
15. Zinchuk, N.N. Kory vyvetrivanja i ih rol' v formirovanii postkimberlitovyh osadochnyh tolshh / N.N. Zinchuk. – Tekst: neposredstvennyj // Rudy i metally. 2022. № -2. S.100-120.
16. Zinchuk, N.N. Litologo-stratigraficheskie issledovanija pri almazopiskovyh rabotah / N.N. Zinchuk. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik SVFU. Nauki o Zemle. 2023. № -1 (29). S.5-28.
17. Zinchuk, N.N. O geologo-poiskovyh tipah kimberlitovyh trubok / N.N. Zinchuk – Tekst: neposredstvennyj // Izvestija Komi NC UrO RAN. Nauki o Zemle. 2023. № -2 (60). S.43-56.
18. Zinchuk, N.N. Geneticheskie tipy i osnovnye zakonomernosti formirovanija almazonosnyh rossypej / N.N. Zinchuk, V.P. Afanas'ev. – Tekst: neposredstvennyj // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geologija i razvedka. 1998. № -2. S.66-71.
19. Zinchuk, N.N. Osobennosti almazov iz kimberlitov Alakit-Marhinskogo polja Sibirskoj platformy / N.N. Zinchuk, L.D. Barduhinov. – Tekst: neposredstvennyj // Sb.: Gemmologija. Materialy jubilejnoy 10-j nauchnoj konferencii.-Tomsk: Tomskij CNTI. 2023. S.12-24.
20. Zinchuk, N.N. O koncentracii produktov pereotlozhenija kor vyvetrivanja v verhnepaleozojskikh osadochnyh tolshhah vostochnogo borta Tungusskoj sineklizy / N.N. Zinchuk, E.I. Boris. – Tekst: neposredstvennyj // Geologija i geofizika. 1981. № -8. S.22-29.
21. Zinchuk, N.N. Strukturno-formacionnoe i mineragenicheskoe rajonirovanie territorij razvitiya pogrebennyh kor vyvetrivanja i produktov ih pereotlozhenija v almazonosnyh regionah (na primere Jakutskoj kimberlitovoj provincii) / N.N. Zinchuk, E.I. Boris, Ju.B. Stegnickij. – Tekst: neposredstvennyj // Geologija i geofizika. 1998. T.39. № -7. S.950-964.
22. Zinchuk, N.N. Strategija vedenija i rezul'taty almazopiskovyh rabot / N.N. Zinchuk, V.M. Zuev, V.I. Koptil', S.D. Chjornyj. – Tekst: neposredstvennyj // Gornyj vestnik. 1997. № -3. S.53-57.
23. Zinchuk, N.N. Izmenenie mineral'nogo sostava i strukturnyh osobennostej kimberlitov Jakutii v processe vyvetrivanja / N.N. Zinchuk, D.D. Kotel'nikov, V.N. Sokolov. – Tekst: neposredstvennyj // Geologija i geofizika. 1982. № -2. S.42-53.
24. Zinchuk, N.N. Apokimberlitovye porody / N.N. Zinchuk, Ju.M. Mel'nik, V.P. Serenko // Geologija i geofizika. 1987. № -10. S.66-72.
25. Kvasnica, V.N. Tipomorfizm mikrokristallov almaza / V.N. Kvasnica, N.N. Zinchuk, V.I. Koptil'. M.: Nedra. 1999. 224 s. – Tekst: neposredstvennyj.
26. Kotel'nikov, D.D. Tipomorfnye osobennosti i paleogeograficheskoe znachenie sljudistyh mineralov / D.D. Kotel'nikov, N.N. Zinchuk. – Tekst: neposredstvennyj // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geologija i razvedka. 1996. № -1. S.53-61.
27. Macjuk, S.S. Opticheskaja spektroskopija mineralov verhnjej mantii / S.S. Macjuk, N.N. Zinchuk. M.: Nedra. 2001. 428 s. – Tekst: neposredstvennyj.
28. Mjasnikov, F.V. Almazonosnaja litosfera Sibirskoj platformy (po geofizicheskim dannym). Tektonicheskoe rajonirovanie / F.V. Mjasnikov. – Tekst: neposredstvennyj // Otechestvennaja geologija. 2022. № -6. S.64-75.
29. Mjasnikov, F.V. Almazonosnaja litosfera Sibirskoj platformy (po geofizicheskim dannym), jereditarnost' dokembrija, paleoproterozojskij pljumovyj magmatizm, almazonosnost' Anabarskoj tektonicheskoy provincii / F.V. Mjasnikov. – Tekst: neposredstvennyj // Otechestvennaja geologija. 2023. № -1. S.70-91.
30. Orlov, Ju.L. Mineralogija almaza / Ju.L. Orlov. 2-e izd. M.: Nauka. 1984. 264 s. – Tekst: neposredstvennyj.

31. Rozen, O.M. Sostav i vozrast zemnoj kory severo-vostoka Sibirskoj platformy: izuchenie ksenolitov v kimberlitah i kernov glubokih skvazhin / O.M. Rozen, L.K. Levskij, D.Z. Zhuravljov [i dr.]. – Tekst: neposredstvennyj // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geologija i razvedka. 2006. № -4. S.18-28.
32. Savko, A.D. Jepohi moshhnogo koroobrazovanija v istorii Zemli / A.D. Savko, L.T. Shevyrev, N.N. Zinchuk. Voronezh: VGU. 1999. 102 s. – Tekst: neposredstvennyj.
33. Serokurov, Ju.N. Kosmicheskie metody pri prognozirovanii i poiskah mestorozhdenij almazov / Ju.N. Serokurov, V.D. Kalmykov, V.M. Zuev. – Moskva: Nedra. 2001. 198 s. – Tekst: neposredstvennyj.
34. Har'kiv, A.D. Petrohimija kimberlitov / A.D. Har'kiv, V.V. Zuenko, N.N. Zinchuk [i dr.]. – Moskva: Nedra. 1991. 304 s. – Tekst: neposredstvennyj.
35. Hitrov, V.G. Primenenie klaster-analiza dlja vyjasnenija zakonornostej vyvetrivanija porod razlichnogo sostava / V.G. Hitrov, N.N. Zinchuk, D.D. Kotel'nikov. – Tekst: neposredstvennyj // Doklady AN SSSR. 1987. T.296. № -5. S.1228-1233.
36. Grachanov, S.A. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian platform / S.A. Grachanov, N.N. Zinchuk, N.V. Sobolev. – Tekst: neposredstvennyj // Doklady Earth Sciences. 2015. T.465. № -2. pp.1297-1301.
37. Serov, I.V. Mantle Sources of the kimberlite Volcanism of the Siberian Platform / I.V. Serov, V.K. Garanin, N.N. Zinchuk, A.Y. Rotman. – Text: unmediated // Petrology. 2001. T.9. № -6. pp.576-588.
38. Vasilenko, V.B. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry / V.B. Vasilenko, L.G. Kuznetsova, N.I. Volkova [et.al.]. – Text: unmediated. // Journal of Geochemical Exploration. 2002. T.76. № -2. pp. 93-112.

Сведения об авторах

ЗИНЧУК Николай Николаевич – д.г.-м.н., профес., академик АН РС (Я), председатель Западно-Якутского научного центра (ЗЯНЦ) АН РС (Я), e-mail: nnzinchuk@rambler.ru

ZINCHUK Nikolay Nikolaevich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Chairman, West-Yakutian Scientific Centre of SR (Y) Academy of Sciences, e-mail: nnzinchuk@rambler.ru

БАРДУХИНОВ Леонид Данилович – к.г.-м.н., тех. дир. Западно-Якутского научного центра АН РС (Я), e-mail: Barduchinov LD@alrosa.ru

BARDUKHINOV Leonid Danilovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Technical Director of the West Yakut Scientific Center of SR (Y) Academy of Sciences, e-mail: Barduchinov LD@alrosa.ru