

ГЕНЕЗИС АЛМАЗОВ ИЗ ТРИАСОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В НИЗОВЬЯХ Р. ЛЕНА

О.С.Березнер

Музей землеведения МГУ,
г. Москва

А.Ю.Егоров,
В.Г.Черенков

ФГУНПП «Аэрогеология»,
г. Москва

В Нижне-Ленском алмазоносном россыпном районе на северо-восточном обрамлении Сибирской платформы алмазы связаны с прибрежно-морскими россыпями в карнийском и ладинском ярусах триаса Верхоянской складчато-надвиговой области. Изучение свойств алмазов и сопутствующего обширного комплекса минералов-индикаторов показало, что они происходят из единого коренного источника – кимберлитов, а дистанция их переноса составляет десятки километров. Значительная доля обломочного материала пород (в том числе характерных оолитов с колломорфной структурой) – продукт денудации латеритных кор выветривания.

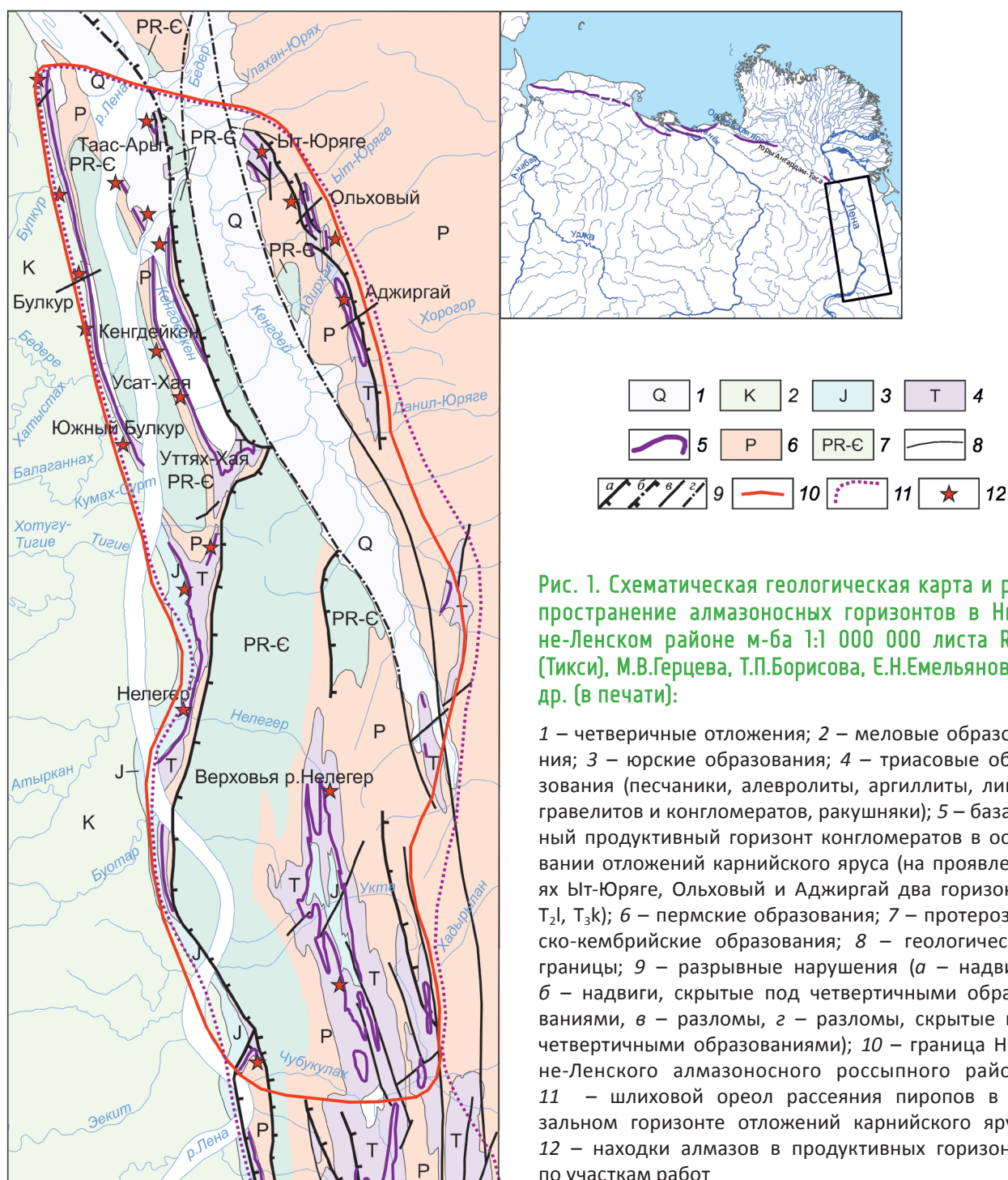
Ключевые слова: алмазы, россыпи, Сибирская платформа, Лена, карнийский ярус, кимберлиты.

На северо-восточном обрамлении Сибирской платформы на границе с Верхоянской складчато-надвиговой областью, в краевых частях Приверхоянского и Лено-Анабарского прогибов, а также на юге складчатых сооружений Таймыра более 30 лет назад в терригенных средне- и верхнетриасовых отложениях была выявлена [2] и изучена [5; Ю.М.Сибирцев и др., 1982, 1985 гг., А.Ю.Егоров, 1980, 1983 гг., М.О.Галабала, 1985 г.] обширная область россыпной алмазоносности, простирающаяся на расстояние ~700 км. Центральная часть области с наиболее высокими концентрациями алмазов (Нижне-Ленский россыпной район) находится в приустьевой части долины р. Лена (рис. 1).

Алмазоносные горизонты входят в состав триасовой терригенной прибрежно-морской формации, образовавшейся на пассивной окраине Сибирского континента – части верхоянского комплекса, охватывающего стратиграфический интервал от визейского яруса карбона до юры. Верхоянский комплекс представляет собой мощную толщу ритмичного флишоидного переслаивания терригенных пород – аргилли-

тов, алевролитов и песчаников с подчинёнными прослоями конгломератов в базальных и регрессивных частях седиментационных ритмов. Ритмы обычно имеют регрессивное строение, для которого характерны относительно мало-мощная трансгрессивная часть с обильными фоссилиями и в два-три раза более мощная регрессивная, где фоссилии совсем отсутствуют или находятся в виде, типичном для верхних зон трансгрессивной части ритма. В разрезе триасовых отложений комплекса выделяется до десяти крупных седиментационных ритмов. Наиболее полными среди них являются первый, соответствующий индскому ярусу, второй – нижнему подъярису и нижним зонам оленёкского яруса до зоны *spiniplicatus*, третий – верхним зонам оленёкского яруса, четвёртый – анизийскому, пятый – ладинскому, шестой – карнийскому.

Разрез ладинского яруса обычно представляет собой единый седиментационный ритм. В нижней части (5–40 м) он сложен чёрными аргиллитами, в изобилии содержащими остатки тонкостенных двустворок и игл морских ежей, реже аммоноидей и других организмов. Выше



залегают зеленовато-серые массивные морские песчаники (5–40 м) с линзами, переполненными иглами морских ежей и толстостенными двустворками. Над ними – так называемая тус-балыкская пачка (5–10 м), сложенная светло-серыми континентальными песчаниками с остатками

наземных растений и линзами углей. На правом берегу р. Кенгдей разрез наращивается ещё одной морской пачкой – так называемой кенгдейской. Она залегает на подстилающих отложениях несогласно, с признаками размыва, и является самостоятельным седиментационным

ритмом, соответствующим инициальной фазе будущей крупной трансгрессии, происходившей в карнийский век.

Разрез карнийского яруса имеет сходное строение. Это также единый седиментационный ритм с аргиллитовой нижней трансгрессивной частью, которая перекрывается сначала морскими, а затем континентальными песчаниками. Граница карнийского и ладинского ярусов – наиболее важная в триасе: на ней резко изменяется структурный план территории, а также минеральный состав отложений. Олигомиктовые или зрелые кварцевые песчаники тус-балыкской пачки вновь сменяются полимиктовыми обломочными породами. С ней связан главный алмазоносный горизонт в низовьях р. Лена, имеющий региональное распространение (А.Ю.Егоров, 1988 г.). Другой, локальный, алмазоносный горизонт обнаружен на правом берегу р. Кенгдей в 20–30 м ниже по разрезу в базальном слое конгломератов кенгдейской пачки ладинского яруса. Горизонт был изучен также в 100 км северо-западнее, в районе гор Анггардам-Таса на левом берегу Оленёкской протоки (Ю.М.Сибирцев, В.Г.Ахарова, 1985 г.). По основным характеристикам он близок к карнийскому, но алмазность его существенно ниже.

Эти продуктивные горизонты связаны общностью генезиса, принадлежностью к однотипным коренным источникам, близкими характеристиками и образуют единый средне-позднетриасовый алмазоносный уровень. Они дислоцированы вместе с вмещающими их породами с углами падения 10–40° вплоть до вертикального и опрокинутого залегания, осложнены более мелкими складками преимущественно меридионального простирания, надвигами, поддвигами, сбросами и ортогональными системами более поздних разрывов с амплитудой смещения до первых сотен метров (рис. 2).

Литология продуктивных горизонтов. Ладинский и карнийский горизонты характеризуются пёстрым литологическим составом и сильной фациальной изменчивостью, проявляющейся иногда на расстоянии нескольких метров (рис. 3), что является следствием их формирования в волноприбойной зоне моря. По этой же причине весьма изменчива и их мощность – от нескольких сантиметров до 0,35 м, редко до 0,5 м. В горах Анггардам-Таса мощность ладинского горизонта бывает аномально высокой – до 6 м.

Продуктивные пласты сложены разнозернистыми песками, иногда в различной степени сцементированными до песчаников, с примесью (до 30%) дресвы, гравия, щебня и гальки, линзами гравелитов, конгломератов, как правило, мелкогалечных, изредка ракушнякав, углистых аргиллитов, углей, глин. Такое сочетание пород сохраняется почти по всей площади развития этих горизонтов, но их соотношения на разных участках значительно варьируют.

Соотношение неокатанных и окатанных обломков псефитовой размерности во всех разновидностях пород весьма изменчиво – от 1:5 до 6:1. Неокатанные обломки представлены исключительно аргиллитами и алевролитами, типичными для разреза триаса. Состав гравия и гальки более пёстрый, но и в них эти породы доминируют (40–80%). В переменных количествах встречаются каменноугольные и пермские песчаники, алевролиты, аргиллиты; средне- и нижнепалеозойские известняки, доломиты, кремни; траппы, изредка кислые и средние эффузивы, жильный кварц. Распространены остатки морских организмов. Цемент пород глинистый, реже глинисто-кремнистый, регенерационный и хемогенный (кварцевый, кальцитовый, сидерит-кальцитовый, хлоритовый, фосфатный, цеолитовый). Глинистая составляющая в цементе – гидрослюда, монтмориллонит, каолинит. Кроме того, присутствуют гидроксиды железа, гиббсит, органическое вещество (Ю.М.Сибирцев, 1982 г.). Среди обломков гравийной размерности в продуктивных пластах повсеместно распространены сфероиды – оолиты размером от долей до 7 мм (85% от общего количества обломков, по Ю.М.Сибирцеву, 1982 г.). Они имеют оолитовую и обломочную текстуры, концентрически-зональное строение, сложены лептохлоритами, хлоритом, шамозитом, бертьерином. Обычны в линзах псефитовых пород в ладинском и карнийском ярусах, а также в юрских отложениях вплоть до плинсбахского яруса, но максимальных концентраций достигают в продуктивных пластах в пределах всего складчатого обрамления северо-востока Сибирской платформы [6].

На востоке района преимущественно в ладинском продуктивном пласте присутствует до 20% гальки «бокситоподобных» пород размером до 4,5 см. Они содержат повышенные концентрации диоксида алюминия и кремнезёма

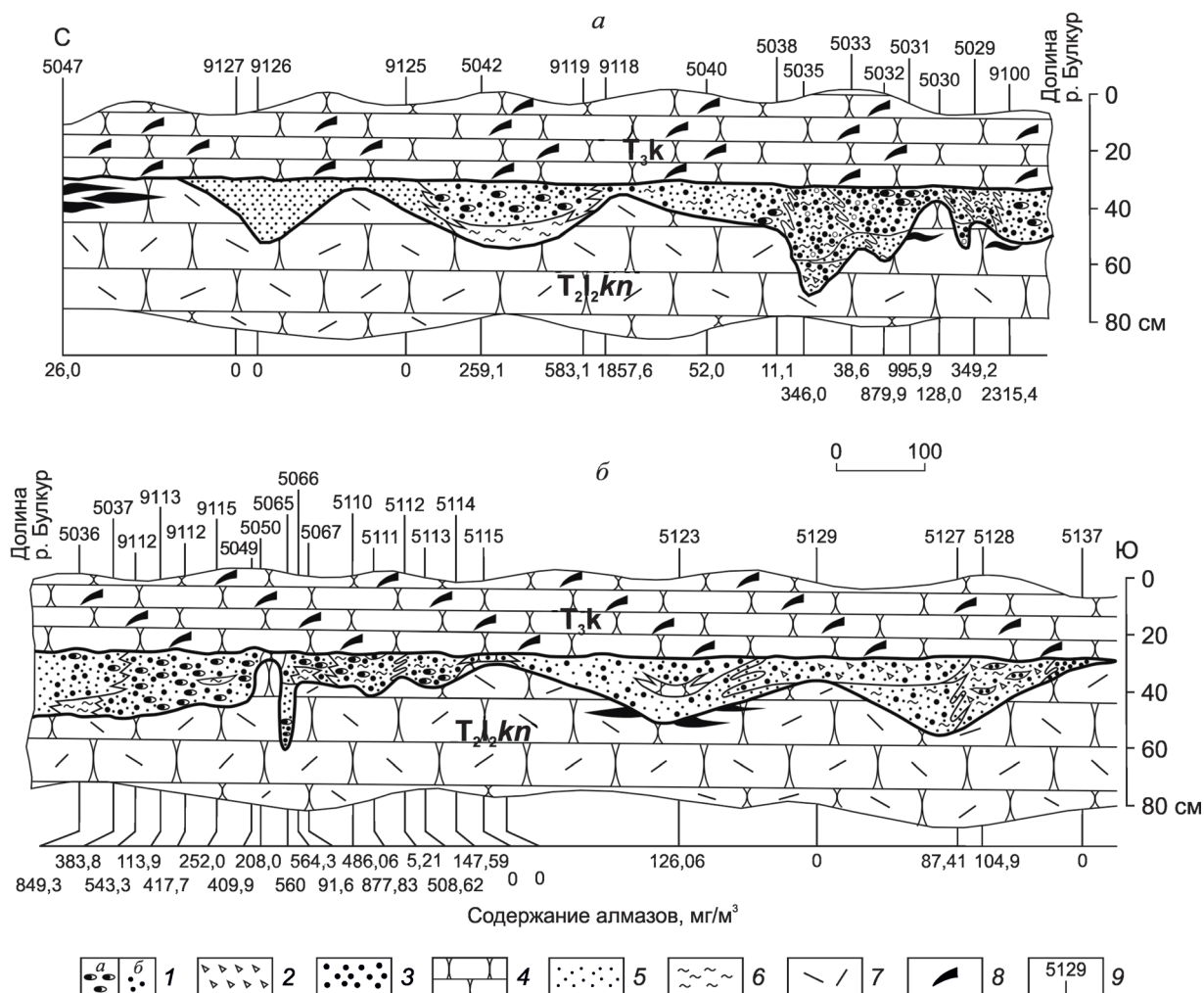


Рис. 2. Литолого-фациальные профили карнийского продуктивного горизонта на участках Булкур (левый берег р. Лена) (а) и Южный Булкур (б):

1 – галька (а), галька бокситовых пород (б); 2 – щебень, дресва; 3 – гравий; 4 – песчаник; 5 – песок; 6 – глина; 7 – растительный детрит; 8 – ходы илоедов; 9 – номера проб

(22–37 и 19–36% соответственно), сложены переменными количествами бёмита, диаспора, гиббсита, шамозита, каолинита, оксидов и гидроксидов железа, изредка с примесью тонкозернистого терригенного материала – кварца, ильменита, циркона. Текстуры пород оолитовая, обломочная, колломорфная. В некоторых случаях в них различается реликтовая структура материнских пород, обычно – долеритов. Комплекс минералов и текстуры слагающих гальку пород типичны для образований латеритных кор выветривания (Ю.М.Сибирцев, 1985 г.).

Минералы – парагенетические спутники алмаза (МСА) (пироп, пикроильменит, хромшпи-

нелиды, циркон, изредка хромдиопсид) в породах всех алмазоносных горизонтов Нижне-Ленского района содержатся повсеместно в переменных количествах, отсутствует только наименее устойчивый из них – оливин.

Пироп распространён наиболее широко, почти всегда преобладает над пикроильменитом. Самые высокие, иногда ураганные его концентрации выявлены в центральной части проявления Булкур на левобережье р. Лена (30–40% от массы тяжёлой фракции), о. Таас-Ары (7–15%), левобережье р. Кенгдейкен (10–12%). Встречается обычно в виде мелких (0,5–1 мм) зёрен, но на участках максимальных его концентраций пре-

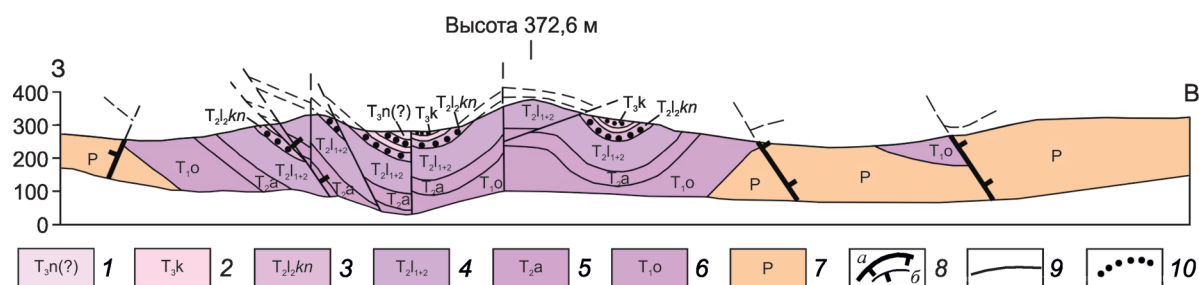


Рис. 3. Характер дислокаций верхоянского комплекса и алмазоносных горизонтов в восточной части Нижне-Ленского района, уч. Ольховый:

1 – норийский ярус (алевролиты, аргиллиты, песчаники, конгломераты), $T_{3n}(?)$; 2 – карнийский ярус (аргиллиты, алевролиты, песчаники, гравелиты, конгломераты), T_{3k} ; 3 – верхний подъярус, кенгдейская пачка (песчаники, гравелиты, пески, конгломераты), T_{2l2kn} ; 4 – нижний и верхний (нижняя часть) подъярусы (аргиллиты, песчаники, алевролиты), T_{2l1+2} ; 5 – анизийский ярус (алевролиты, песчаники, аргиллиты, линзы конгломератов), T_{2a} ; 6 – оленёкский ярус (алевролиты, аргиллиты, песчаники), T_{2o} ; 7 – нерасчленённые отложения, P; 8 – надвиги главные (а), второстепенные (б) с указанием направления падения поверхности сместителя; 9 – тектонические контакты; 10 – продуктивные пласты

валируют зёрна классов -4...+2, -2...+1 мм, достигая иногда 5 мм. Окраска минерала, как правило, сиреневая, вплоть до фиолетовой, изредка лиловая (33–70%), реже – красная, малиново-красная и бледно-розовая (16–54%). Оранжевый и оранжево-красный цвета имеют от 11 до 22% зёрен, но на некоторых участках Нижне-Ленского района (преимущественно в его восточных частях) они могут доминировать над остальными.

На востоке района на отдельных зёрнах граната обнаружены реликты тонких кайм, строение, химический и минеральный составы которых близки таковым келифитовых кайм, обычных для зёрен пироба из кимберлитов [11]. Пиробы из карнийского и ладинского продуктивных пластов имеют одинаковые содержания Cr_2O_3 и CaO; большая их часть относится к лерцолитовому парагенезису. В поле составов алмазной ассоциации попадает в целом по району около 0,7% зёрен (при вариациях в отдельных выборках от 0 до 1,7%). В большинстве точек опробования преобладают пиробы ультраосновного парагенезиса (60–80%). С незначительными вариациями эти соотношения свойственны почти всем участкам опробования продуктивных горизонтов в разных частях района, что говорит об однотипности их коренного источника (источников). Однако в пробах из восточных частей района количество зёрен из магнезиально-железистых эклогитов достигает 30%.

Зёрна пироба характеризуются широким диапазоном окатанности – от практически неокатанных до почти идеально округлых, степень износа средняя. Изредка на поверхности зёрен наблюдаются реликты магматогенного микро-рельефа. Рельеф растворения выражен в разной степени, обычно он развивается по отдельным участкам зерна, в том числе по сколам. Его соотношение с механогенным рельефом показывает, что коррозия часто развивалась по изношенным зёрнам и является следствием хлоритизации пироба в процессе диагенеза [8].

Пикроильменит в продуктивных горизонтах распространён неравномерно. Максимальные его содержания отмечены на северо-востоке и в центре района (до 12% массы тяжёлой фракции), на остальной территории он чаще всего в виде единичных знаков. Зёрна ильменита сильно изношены, на поверхности часто развита лейкоксеновая оболочка, на сколах – кристаллический анатаз. В восточной части района присутствуют зёрна с реликтами эндогенных поверхностей, занимающих до 25–70% их поверхности.

Хромшпинелиды в западной и центральной частях района составляют до 50% массы тяжёлой фракции, на востоке встречаются в виде единичных зёрен. Обычно это мелкие (~1 мм) кристаллы или их обломки с сильно истёртыми вершинами и рёбрами.

Циркон повсеместно присутствует в шлиховых пробах на севере проявления Булкур. Со-

Распределение алмазов по классам крупности и массе

Проявления (участки) Нижне-Ленского района	Всего алмазов, шт./мг	Средняя масса, мг	%		
			-4...+2 шт./мг	-2...+1 шт./мг	-1...+0,5 шт./мг
Булкур	507/2694	5,3	2,5/11,4	59,4/75,5	38,1/13,1
Южный Булкур	134/1329	9,9	8,2/49,2	73,2/48,0	18,7/2,8
Усат-Хая-Кенгдейкен	287/972	3,4	1,0/11,9	40,4/65,5	58,6/22,6
Таас-Ары	349/947	2,7	1,1/15,1	31,6/52,1	67,3/32,8
Ольховый	70/169	2,4	1,4/14,3	28,6/64,7	70,0/21,0
Трубка Дьянга*	1186/4495	3,8	1,6/18,6	32,8/52,8	65,6/29,0
Ольховый**	127/624	4,92	18,2/49,8	48/43,6	33,9/6,5
Булкур – т. 165**	214/2685	12,6	46,3/74,3	48,6/25,1	33,9/6,5
Булкур – т. 5029**	393/6349,5	16,2	45,8/84,8	42,2/14,7	5,1/0,6
Таас-Ары***	449/1818	4,0	2,2/24,7	40,2/55,6	54,6/19,7
Кенгдейкен ***	426/1576	3,7	1,6/16,4	46,9/65,4	51,5/18,2
Хатыстах Южный**	79/662	8,4	27,8/71,9	46,8/25,8	24,1/2,3
Улахан-Алджархай**	88/1119,8	12,7	34,1/74,7	59,1/24,7	6,8/0,7
Усат-Хая***	318/969	3,0	2,9/23,6	60,4/65,3	36,7/11,1

*Ближайший к району коренной источник – трубка Дьянга (Куойкское кимберлитовое поле).

**Данные С.А.Граханова (2009 г.).

***Данные по двум отчётам (Ю.М.Сибирцев и др., 1982 и 1985 гг.).

держание его колеблется от 1 до 22 знаков, размеры зёрен от 0,5 до 3,0 мм.

Хромдиопсид представлен ярко-зелёными, иногда сине-зелёными осколками зёрен размером 0,3–1 мм. Обнаружен в основном на востоке района, главным образом в конгломератах ладинского горизонта. Вместе с ним часто отмечается диопсид бутылочно-зелёного цвета, химический состав которого отличается от состава хромдиопсида более высокими содержаниями CaO, FeO, TiO₂ и пониженными – Cr₂O₃, K₂O. На его зёрнах иногда видны чёткие реликты кристаллографической огранки. Выявлены сростки диопсида с идиоморфными кристаллами пироп-альмандина (А.Ю.Егоров, В.М.Селиванова, 1988 г.).

Алмазы и их свойства. Алмазы в разных продуктивных пластах Нижне-Ленского района идентичны по своим характеристикам, вместе с тем обладают рядом типоморфных особенно-

стей, отличающих их от алмазов из других россыпей северо-востока Сибирской платформы и коренных источников, установленных в её пределах.

Масса алмазов колеблется от долей миллиграмма до 5,16 кар, в целом для района средняя масса – 4,3 мг, по данным Ю.М.Сибирцева (1985 г.), или 10,7 мг, по С.А.Граханову и др. (2009 г.) (таблица). Это наиболее низкий показатель для россыпей северо-востока Сибирской платформы. Среди них преобладают (от 54 до 68,5%) округлые камни «бразильского» типа [9] и додекаэдриды «жильного» типа разновидности I [12]. Примечательная особенность популяции – высокое (25–42%) содержание ромбододекаэдров серого цвета разновидности V, переполненных включениями графита (рис. 4), а также сложных двойников и сростков разновидностей VII и VII (?) с облегчённым изотопным составом углерода ($\delta^{13}\text{C}$ 23,00‰).

Нижнеленские алмазы имеют «свежий» облик, на них практически полностью отсутствуют следы механического износа, «истирания» и «выкрашивания», причём даже среди самых крупных кристаллов [7]. Характерно высокое (~25%) содержание камней с протоматматическими и «коррозионными» сколами, более 50% алмазов имеют скульптуры травления («шрамы», каверны, матировка, следы коррозии граней, треугольные впадины). Им свойственна относительно низкая степень сохранности: целых и незначительно повреждённых камней только 30–50%, остальные относятся к числу расколотых, обломков и осколков. Более 60% алмазов в различной степени трещиноваты; повышенной трещиноватостью обладают в основном алмазы разновидностей V, реже VII. Качество алмазов из-за преобладания мелких камней, кристаллов с включениями графита, а также высокого содержания двойников и сростков низкое. К ювелирным сортам, по данным Ю.М.Сибирцева (1985 г.), относится всего ~9% камней.

По типоморфизму алмазы из карнийских и ладинских отложений практически аналогичны алмазам из россыпей Анабарского района (Эбелях, Биллях и др.), отличаются от них только меньшей степенью износа. Содержат >30% камней разновидностей V+VII (в Эбеляхской россыпи 30,9%), 38% округлых алмазов «уральского» типа (в Эбеляхской россыпи 30%). В кимберлитовых телах Сибирской платформы такие алмазы известны, но редки [9].

Алмазоносность продуктивных горизонтов в пределах района крайне неравномерная. Устойчивая повышенная алмазоносность карнийского горизонта свойственна только тем участкам, где он подстилается пачкой континентальных песчаников ладина, сложен псефитовыми разностями пород (конгломератами, гравелитами) и имеет малую мощность. При этом степень алмазоносности прямо коррелирует с содержанием МСА, особенно крупных (+1 мм) зёрен пиропов, что хорошо видно на проявлении Булкур, где в точках с ураганной алмазоносностью обнаружены и максимальные концентрации крупных пиропов. Данный участок уникален по обоим параметрам. Наиболее высокие концентрации алмазов тяготеют к северо-западной части Нижне-Ленского района, которая охватывает право- и левобережные части долины р. Лена к югу от о. Тит-Ары. Размеры этого

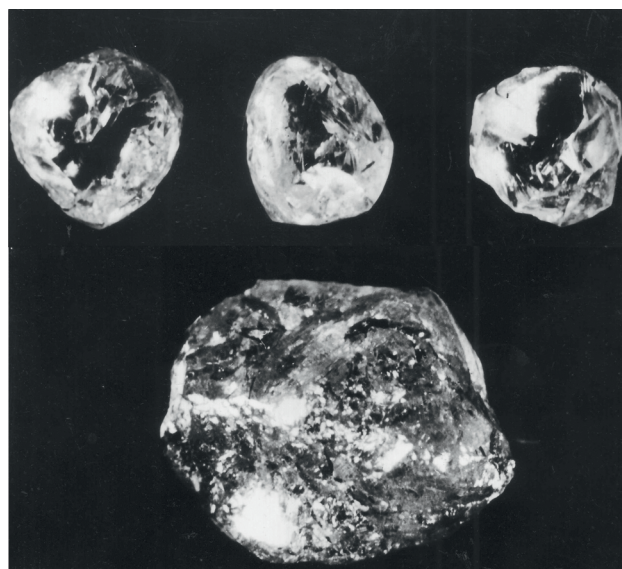


Рис. 4. Кривогранные алмазы с графитом

меридионального участка составляют ~(12–15)х45 км. Максимальные концентрации алмазов на проявлении Булкур (левобережье р. Лена), по данным Ю.М.Сибирцева (1985 г.), достигают 11,58 кар/м³ при средневзвешенном значении 2,53 кар/м³ (см. таблицу) (4,91 кар/м³, по С.А.Граханову, 2009 г.). Здесь же зафиксированы максимальные масса одного камня – 5,16 кар и средняя камней по пробе – 22,43 мг. Алмазоносность продуктивных горизонтов в восточной части района, на правобережье р. Кенгдей, более чем на порядок ниже рассмотренных выше (от 0,05 до 0,2 кар/м³), а средние массы минимальны для всего района (0,6–3,0 мг).

Генетический тип коренных источников нижнеленских алмазов. В продуктивных горизонтах Нижне-Ленского района алмазы сопровождаются почти полным комплексом типоморфных минералов-индикаторов кимберлитов (МИК), идентичных по спектру и характеристикам МИК, типичным для кимберлитов Сибирской алмазоносной провинции. Понятно, что совместное нахождение в россыпях алмазов и МИК – ещё не достаточное доказательство идентичности их коренного источника. Однако в этом убеждает анализ распределения концентраций алмазов и МИК по стратиграфическому разрезу и латерали, строго подчиняющегося одним и тем же закономерностям. И те и другие одновременно появляются в разрезе среднего триаса, обра-

зую повышенные концентрации на одних и тех же стратиграфических уровнях. Столь же чётко средняя масса камней коррелирует с крупностью зёрен спутников.

Дополнительный аргумент к этому – соотношение степени сохранности алмазов с износом зёрен МСА. Все типы алмазов, особенно разновидностей V и VII, обладают очень низкой степенью сохранности, сопоставимой с таковой алмазов в кимберлитах. На них практически отсутствуют характерные признаки механического износа. Это почти исключает возможность того, что они испытали сколько-нибудь длительный перенос и (или) прошли через один или несколько этапов пребывания в прибрежно-морских условиях. В то же время степень износа зёрен МСА определяется как средняя и отвечает соотношению, установленному для россыпных алмазов и МСА из одного и того же коренного источника на примере изучения коренных месторождений Сибирской платформы и связанных с ними россыпей [1].

Столь явное соответствие не может рассматриваться как случайное. Оно убеждает в том, что алмазы и МСА Нижне-Ленского района происходят из одного и того же коренного источника или их ассоциации, а их геологическая история на пути от коренного источника до россыпи идентична по времени и условиям. Состав минеральных ассоциаций алмазоносных горизонтов и свойства их компонентов столь же определённо свидетельствуют о том, что коренным источником МСА и алмазов были кимберлиты. Некоторые отличия химизма и морфологии пиропов и ильменита и присутствие повышенных содержаний хромдиоксида в восточных частях района позволяют сделать вывод о множественности коренных источников, относящихся к одному генетическому типу, но характеризующихся несколькими различными соотношениями глубинных компонентов основного и ультраосновного парагенезисов. При этом нельзя полностью исключить лампроитовую природу коренного источника. Однако отсутствие в популяции МИК таких характерных для алмазосодержащих разновидностей лампроитов минералов, как лейцит, Мп-ильменит, незначительная доля хромшпинелидов, а также преобладание пиропов и достаточно высокое содержание пикроильменита делают такое предположение маловероятным.

Широкий цветовой диапазон гранатов, присутствие среди них в заметном количестве не переносящих длительной транспортировки красно-оранжевых и оранжевых малохромистых пиропов и пироп-альмандинов из магнезиально-железистых эклогитов, наличие на отдельных зёрнах первичных постмагматических поверхностей и низкая степень их износа свидетельствуют о близости коренных источников. Этот вывод согласуется с весьма низкой степенью сохранности (целостности) алмазов. Особенности распределения концентраций алмазов и МСА по площади и разрезу триасовых и более молодых образований указывают на то, что источники сноса, по всей вероятности, располагались к северу от Оленёцкого поднятия, в прибрежной части Лено-Анабарского прогиба, где они в настоящее время перекрыты толщей юрских и меловых осадков.

Положение коренных источников алмазов. Анализ распределения концентраций алмазов, ассоциирующих с ними МСА, а также закономерностей изменения степени их износа в пределах Нижне-Ленского района и на сопредельных площадях показывает, что повышенные содержания и тех и других связаны с северо-западной частью района – участком Булкур на левобережье р. Лена (см. рис. 1). Карнийский продуктивный горизонт здесь залегает с падением на запад под углами от 18 до 45°, содержания алмазов и их средняя масса возрастают в этом же направлении, что позволяет прогнозировать положение коренных источников в пределах Приверхоянского краевого прогиба или на южном борту связанного с ним Лено-Оленёцкого прогиба.

Подтверждением этого служит недавнее открытие кимберлитовых трубок в верховьях р. Никабыт, локализованных в нижнетриасовых отложениях (устное сообщение Ю.К.Голубева, 2016 г.), где с ними ассоциируют россыпи как в карнийских прибрежно-морских конгломератах, так и в современных аллювиальных образованиях. Алмазы в этих россыпях идентичны составу рассмотренной выше популяции, в которой существенная роль принадлежит камням «эбеляхского» типа.

Однако по поводу генезиса алмазов низовьев р. Лена существуют и альтернативные точки зрения. Одна из них, предложенная В.П.Афанасьевым [1], предполагает гетерогенность по-

пуляции нижнеленских алмазов. Большая её часть (алмазы разновидностей V, VII, кривогранные камни и окрашенные кубоиды разновидностей I и II соответственно) – в сумме не менее 70–80% – при этом рассматривается как экзотические алмазы, происходящие из «некимберлитовых» коренных источников докембрийского возраста, и только 20–30% камней, а также весь комплекс минералов-индикаторов считаются связанными с местными «традиционными» слабоалмазоносными триасовыми кимберлитами. Основанием для такого предположения служит то, что упомянутые типы алмазов имеют, по его оценке, предельную и близкую к ней степень механического износа (при отсутствии на них «видимых следов износа» вследствие специфической «балласовидной» внутренней структуры) и не встречены ни в одном из известных кимберлитовых тел Сибирской провинции.

Но, как указывалось выше, все типы камней и в особенности кристаллы разновидностей V, VII имеют очень «свежий» облик и высокую степень трещиноватости, что при невысокой механической прочности полностью исключает возможность их пребывания в волноприбойной зоне и неоднократного переотложения. Противоречит предположению В.П.Афанасьева также полное отсутствие какой-либо природной сортировки и селекции алмазов по гранулометрии и качеству: при очень низкой средней массе камней (от 3–4 до 10 кар), сопоставимой с таковой в коренных источниках (7–8 кар), их популяция включает всю гамму кристаллов нескольких разновидностей и размеров от -0,5 до +4 мм. До настоящего времени алмазы разновидностей V, VII не встречены ни в одном из известных алмазоносных промежуточных коллекторов начиная с докембрия вплоть до среднего триаса. Внезапное и синхронное появление в среднем триасе алмазов и МСА, причём и тех и других в одинаково ураганных концентрациях, должно выглядеть достаточно необычным, если не предположить, что они происходят из одного и того же коренного источника. Всё это указывает на недостаточную аргументированность предположения о докембрийском возрасте алмазов.

Что касается отсутствия «типоморфных» алмазов Приленья (кривогранные камни I, окрашенные кубоиды II, кристаллы с графитом V и VII разновидностей) в якутских кимберлитах,

вследствие чего их следует связывать с некими гипотетическими «нетрадиционными» источниками, то это не вполне корректно. Действительно, алмазы перечисленных разновидностей довольно редки в сибирских кимберлитах, но это не означает, что их там нет. Они есть, и иногда в достаточно ощутимых количествах, в частности, в трубках Мир, Айхал, Удачная и в россыпях Урала. Известны они и в зарубежных месторождениях [9]. Видимо, кимберлитовые тела, содержащие такие камни, отличаются от большинства «нормальных» кимберлитов некими особенностями химизма или спецификой *PT*-условий формирования и эволюции материнских ультраосновных–основных магм в мантийных магматических очагах, но они от этого не перестают быть кимберлитами.

Новый генетический тип коренного источника? В последнее время возникла и стала активно развиваться несколько экзотическая гипотеза о вулканогенном происхождении алмазоносных базальных горизонтов триаса (или неких их частей), находящихся в районах северо-восточного обрамления Сибирской платформы. Её авторы С.А.Граханов и В.Ф.Проскурнин считают, что алмазы и МСА этого стратиграфического уровня связаны именно с теми их частями, которые они относят к «вулканогенным образованиям – туфам и туффитам» [3–5] или «туфам Ангардамтасского вулканического алмазоносного гидроэксплозивно-обломочного комплекса» [10]. При этом под вулканическим материалом понимаются главным образом упоминавшиеся выше мелкие сфероидальные обособления, постоянно встречающиеся в разрезах ладинских и карнийских отложений, которые рассматриваются как «вулканические лапилли», сформировавшиеся по способу образования широко распространённых в кимберлитах автолитов.

Но нам представляется, что данная точка зрения находится в очевидном противоречии с фактами, касающимися как генетической принадлежности содержащих алмазы пород и «вулканогенного материала» в них, так и зависимости степени их алмазоносности от концентрации этой «вулканогенной составляющей».

Один из районов, по-видимому, наиболее полно отвечающий представлениям о вулканогенном происхождении образований продуктивных базальных горизонтов, – горы Ангардам-Та-

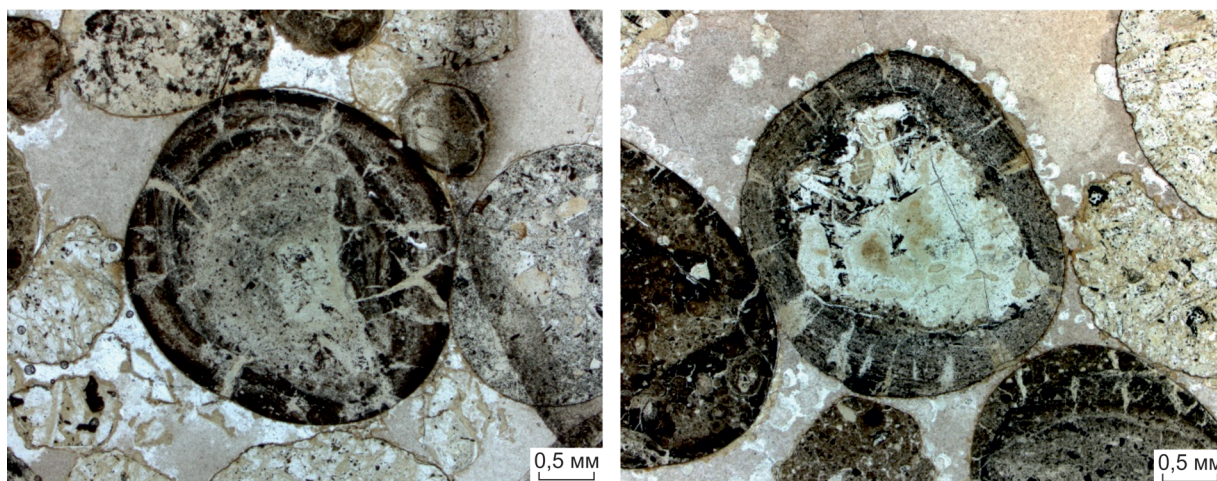


Рис. 5. Зёрна первого типа (оолиты) в гравелите, шлиф 19030/1, без анализатора, размер изображения 6х4 мм

са (Оленёкская протока, лист S-51, петротипический район «Ангардамтасского вулканического комплекса», по В.Ф.Проскурнину [10]). На некоторых участках района нижний (ладинский) горизонт на 80% и более сложен именно так называемыми «лапилли» с очень незначительной примесью терригенных обломков, а мощность его аномально велика, достигает местами 6 м. Здесь В.Г.Азаровой (Ю.М.Сибирцев и др., 1985 г.) на склоне долины левого притока р. Кёнгдей-Юряге изучен разрез, где вскрываются нижний (ладинский) и верхний (карнийский) горизонты.

Ладинский продуктивный пласт мощностью ~6 м сложен преимущественно гравелитами, переполненными (до 85%) упомянутыми сфероидными, с примесью обломков кварца, плагиоклаза, кислых эффузивов, а также единичными мелкими гальками, обломками окаменевшей древесины. Характерно высокое (до 700 г/кг) содержание чёрных рудных в тяжёлой фракции. Содержание МСА (пироп, пикроильменит, хромшпинелид, единичный хромдиопсид) колеблется от единичных зёрен до 500 на пробу объёмом 10 л.

Карнийский пласт залегает в 20 м выше по разрезу. Он представлен преимущественно конгломератами мощностью 0,1–0,25 м и отличается от ладинского большими (до 12 см) размерами обломков, их более разнообразным петрографическим составом (преобладают траппы), более высокими концентрациями МСА, пониженным содержанием рудных минералов (до

10 г/кг). Содержание сфероидов («лапилли») в нём не превышает 10–15%.

Опробование показало, что содержание алмазов в ладинском пласте, сложенном в основном именно «лапилли», почти в два раза ниже, чем в карнийском, где концентрация «лапилли» не превышает 10–15% (Ю.М.Сибирцев и др. 1985 г.). Близкие соотношения получены и при анализе содержаний МСА в пластах. Это определённо указывает на отсутствие зависимости между содержаниями алмазов в продуктивных пластах и концентрациями в них так называемых «автолитовых лапилли».

Нами было предпринято петрографическое исследование нескольких образцов из нижнего (ладинского) горизонта с участка Ангардам-Таса, переданных В.Ф.Проскурниным, поскольку именно здесь так называемые вулканические лапилли распространены особенно широко. Изготовленные из образцов прозрачные шлифы изучались О.С.Березнер. Породы представляют собой гравелиты (обр. 19027/3, 19029, 19030/1), гравелистый песчаник (10019) и вулканомиктовый песчаник (19052/5). Гравелиты состоят из преимущественно округлых зёрен размером до 3 мм и цемента базального типа, занимающего 30–50% площади шлифов. Большую часть обломочного материала составляют зёрна двух типов.

Зёрна первого типа (сфероиды диаметром до 2,5 мм) отличаются шарообразной формой и ровной поверхностью (рис. 5). Сложены прак-

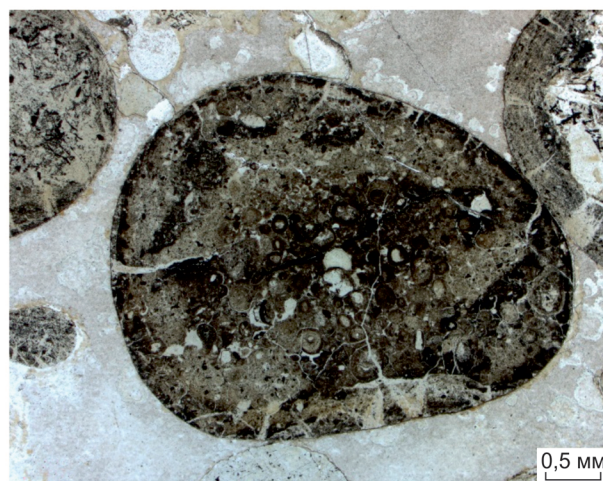
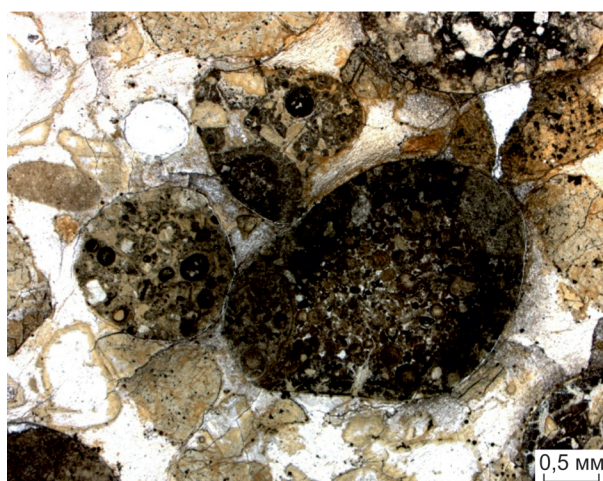


Рис. 6. Зёрна первого типа с включениями мелких оолитов, шлиф 19030/1, без анализатора, размер изображения 6х4 мм

тически изотропным агрегатом, почти не просвечивающим в скрещенных николях. Вещество сфероидов представляет собой пелитоморфный землистый агрегат, обогащённый оксидами и гидроксидами железа. Проведённые ранее с помощью электронного микроскопа (Ю.Ю.Голубева, 2012 г.) и рентгеновского дифрактометра (М.И.Тучкова, 2014 г.) исследования сфероидов в образцах карнийских пород, отобранных в Нижне-Ленском районе, показали, что в составе землистого агрегата преобладает бертьерин. Часть сфероидов обладает концентрически-полосчатым строением, их можно назвать оолитами. Сфероиды иногда включают более мелкие

концентрически-полосчатые оолиты (рис. 6). Часто встречаются фрагменты зёрен оолитов. Ядром оолитов нередко служит обломок зерна второго типа. Зёрна второго типа, как правило, более мелкие. Как и зёрна первого типа, они не имеют острых углов, но отличаются неровностью поверхности; много зёрен вытянутой формы с отношением длины к толщине (3–5):1. Изредка фиксируются зёрна правильной сферической формы.

Зёрна второго типа часто сохраняют реликтовую структуру базальтоидов (рис. 7) – диабазовую или интерсертальную. Место пироксена и титаномагнетита в этом случае занима-

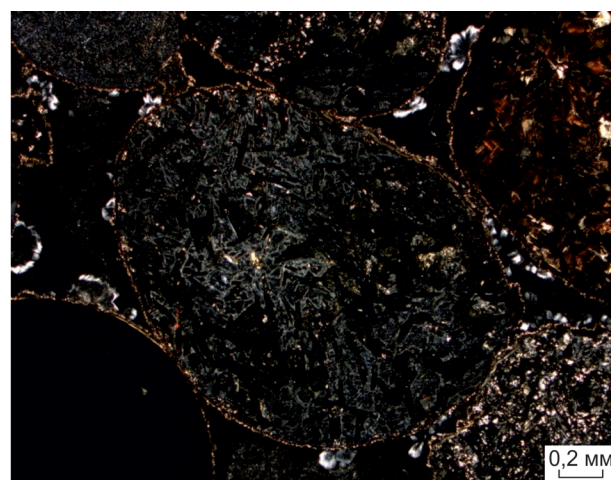
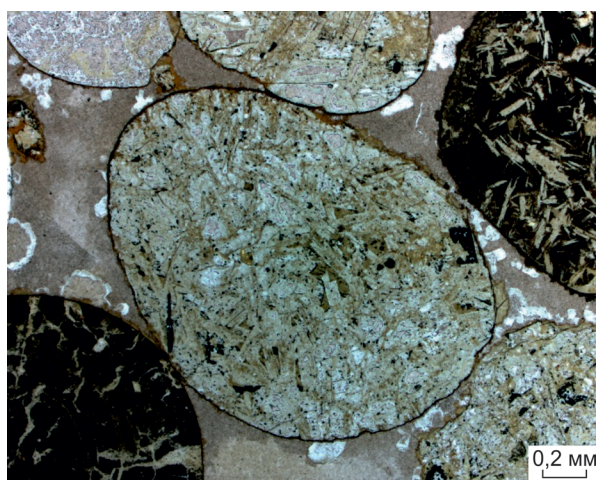


Рис. 7. Реликтовая интерсертальная структура базальта в зерне второго типа, шлиф 19030/1, без анализатора

ет лейкоксен, плагиоклаза – агрегат глинистых минералов, включая гидрослюда, оливина – оливково-зелёный глинистый минерал группы смектитов или серпентиноподобный минерал, вулканического стекла – буровато-зелёный практически изотропный минерал типа бертьерина (шлиф 19030/1).

В резко подчинённом количестве присутствуют обломочные зёрна, не относящиеся к рассмотренным типам: фрагменты породы с обильным пиритом, единичные кристаллы неизменённого плагиоклаза, изогнутые пластины светлой гидрослюда, зёрна граната, сфена, клинопироксена. Цемент – компактный почти однородный гидрослюдистый агрегат (шлиф 10019), иногда с примесью опала (шлиф 19030/1). Вблизи обломочных зёрен в цементе возникают розетковидные сростки бесцветного халцедона. На поверхности всех зёрен имеется оторочка (0,01–0,02 мм) буроватого аморфного вещества, во внешней зоне раскристаллизованного с образованием буроватого смектита.

Состав и природа обломочного материала этих пород необычны. Подавляющее большинство обломков состоит из материала, сильно переработанного процессами выветривания, невыветрелых пород в обломках практически нет. Это отмечают и исследователи, принимающие данные горные породы за вулканические. Большинство обломков представляет собой фрагменты зоны, где механическому и химическому преобразованию подвергались магматические породы основного и, возможно, ультраосновного составов. Анализ преобразований, отразившихся в минералогии фрагментов, показывает, что изменения в этой зоне носили гипергенный, т.е. очень низкотемпературный характер. Присутствие выветрелых обломков с псевдоморфно замещёнными, но сохранившимися структурами и новообразованным оолитовым строением со всей очевидностью свидетельствует о разной степени или разном характере гипергенных преобразований, т.е. гетерогенности источника сноса, представлявшем собой достаточно мощную вертикально и латерально неоднородную кору выветривания. С более ранней стадией гипергенного преобразования, вероятно, связаны метабазалты (обломки второго типа) – породы с сохранившейся структурой.

Однородные пелитоморфные и концентрически-полосчатые сфероиды существенно бер-

тьеринового состава (бертьерину сопутствуют и другие слоистые силикаты – ферриамезит, называемый также септехлоритом, нонтронит, вермикулит, клинохризотил, а также гётит и гидрогётит [10]) являются, вероятно, продуктами наиболее глубокой стадии гипергенного преобразования. Все эти минералы типичны для латеритных кор выветривания и осадочных (оолитовых) железных руд. В.Т.Фролов [13] указывает на существование в корах выветривания, главным образом латеритных, рыхлых сфероагрегатных горизонтов – железных, латеритных, аллитовых. Из подобного горизонта могли происходить и рассматриваемые оолиты. Среди минералов пород кор выветривания (аллиты, ферритолиты, манганолиты) упомянутый автор выделяет кристаллические, полукристаллические (коллоидально-кристаллические) и аморфные разности [13]. Именно принадлежность минералов, слагающих зёрна первого типа (оолиты), среди которых преобладает бертьерин, к коллоидально-кристаллическим или аморфным разностям, скорее всего, и делает оолиты оптически почти изотропными. Последнее заставляет некоторых современных исследователей ошибочно считать их исходно сложенными вулканическим стеклом, «замещаемым при раскристаллизации криптокристаллическим септехлоритом», и трактовать их как пирокластические обломки (лапилли) [10].

Концентрически-слоистую оболочку практически всех оолитов пересекают трещины, расположенные радиально к внешней поверхности сфероидов и заполненные более поздними минералами (цеолитами, кварцем). Характерно, что они свойственны только оолитовой оболочке и не пересекают ядро оолита. Это позволяет считать их трещинами синерезиса (дегидратации), образующимися при уплотнении гелей, и служит лишним подтверждением метакolloидной природы оболочек оолитов [14].

Где происходили процессы выветривания, которые привели к описываемым изменениям? В опубликованных материалах В.Ф.Проскурнина, С.А.Граханова, А.В.Гавриша и др. по умолчанию предполагается, что выветриванию, как чаще всего и бывает, подверглись окончательно сформированные породы. Представляется, что если бы выветриванию подвергалась сложившаяся осадочная порода, то это не привело бы к наблюдаемому в гравелитах двойному характеру

продуктов выветривания, относящихся к двум различным его стадиям: аргиллизированных базальтов и оолитов, возникающих на стадии более глубоких химических преобразований, в результате которых появляются аморфные и коллоидно-кристаллические минеральные фазы. Об образовании бертьериновых оолитов вне зоны осадконакопления свидетельствует присутствие в обломочном материале фрагментов – продуктов их механического разрушения где-то по пути к месту захоронения. К поздним преобразованиям, происходившим уже в сложившейся породе, можно отнести только замещение обломков светлой гидрослюдой, аналогичной цементу. Обломочный материал гравелитов, с одной стороны, отличается незрелостью, т.е. неспособностью к длительному переносу, с другой – совершенной «окатанностью». Это может объясняться тем, что зёрна, переносившиеся действительно на небольшое расстояние от места сноса, имели изначально округлённые формы.

Как уже отмечалось, разнообразие состава и структуры обломков связано, скорее всего, с тем, что они происходили из различных участков (горизонтов) площадной коры выветривания. Поэтому мы имеем материал разных стадий текущего процесса её образования. Наименее глубокой переработке подверглись обломки базальтоидов, демонстрирующие сохранившуюся исходную структуру. По мере развития процессов преобразования в коре выветривания реликтовые структуры базальтов исчезают (дольше других сохраняют форму кристаллы рудного минерала), и бывший базальт превращается в бесструктурную оптически почти изотропную массу с пелитоморфной структурой. И, наконец, последними возникают оолиты – мелкие «шарики» внутри пелитоморфных и metabазальтовых зёрен и концентрически-полосчатые оболочки на обломках изменённых базальтов и пелитоморфных агрегатов.

Всё это позволяет считать, что изученные породы – это осадочные образования с необычным обломочным материалом, являющиеся продуктом переотложения материала древней латеритной коры выветривания. Таким образом, подтверждений тому, что попадавшие в осадок оолиты и обломки базальтов представляют собой лапилли и пепел вулкана, действовавшего синхронно с осадконакоплением,

нет, а мнения о вулканокластической природе алмазоносных горизонтов не имеют под собой серьёзных оснований. Аргументом против вулканогенной природы обломочного материала, в частности оолитов, служит также весьма простое соображение: если концентрически-зональные «шарики» (оолиты) – это капли расплавленного вещества (см. рис. 6), то как объяснить обилие мелких «шариков» внутри крупного оолита? Разбрызгивание расплава, конечно, может повторяться неоднократно, но как в новую каплю попадают застывшие старые?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П. Поисковая минералогия алмаза. – Новосибирск: Геос, 2010.
2. Голина Н.И. Находка алмаза в низовьях р. Лены // Докл. АН СССР. 1979. Т. 239. № 5. С. 25–28.
3. Граханов С.А., Смелов А.П. Возраст прогнозируемых коренных источников алмазов на севере Якутии // Отечественная геология. 2011. № 5. С. 56–64.
4. Граханов С.А., Смелов А.П., Егоров К.Н., Голубев Ю.К. Осадочно-вулканогенная природа основания карнийского яруса – источника алмазов северо-востока Сибирской платформы // Отечественная геология. 2010. № 5. С. 3–12.
5. Граханов С.А., Сулейманов А.М., Голубев Ю.К. Пирокласты северо-востока Сибирской платформы как источник россыпных алмазов // Руды и металлы. 2010. № 1. С. 45–48.
6. Ивановская А.В. Литология мезозойских отложений нижнего течения р. Лена. – Новосибирск: Наука, 1967.
7. Коптиль В.И., Биленко Ю.П. Типоморфизм алмазов из россыпей северо-восточной части Сибирской платформы по данным их комплексного исследования // Тр. ЦНИГРИ. Методы комплексного изучения алмазосодержащего сырья. М., 1983. Вып. 175. С. 282–283.
8. Коссовская А.Г. Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилюйской впадины и Западного Верхоянья. – М.: Изд-во АН СССР, 1962.
9. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. – М.: Наука, 1984.

10. Проскурнин В.Ф., Виноградова Н.П., Гавриш А.В., Наумов М.В. Признаки взрывно-обломочного генезиса алмазоносного карнийского горизонта Усть-Оленекского района // Геология и геофизика. 2012. № 6. С. 698–711.
11. Селиванова В.В. Типоморфизм алмазов и его минералов-спутников из прибрежно-морских триасовых россыпей Северного Верхоянья: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – М., 1991.
12. Типоморфизм алмазов из кимберлитовых жил и возможные коренные источники алмазоносности россыпей севера Западной Якутии / В.П.Афанасьев, И.Н.Иванов, В.И.Коптиль и др. // ДАН АН СССР. Сер. геол. 1974. Т. 214. № 2.
13. Фролов В.Т. Литология. – М.: Изд-во МГУ, 1993.
14. Чухров Ф.В. Коллоиды в земной коре. – М.: Изд-во АН СССР, 1955.
- Оксана Сергеевна Березнер,
научный сотрудник
os@mineral.ru
- Александр Юрьевич Егоров,
доктор геолого-минералогических наук
egorov@aerogeologia.ru
- Владимир Георгиевич Черенков,
ведущий геолог
vgcheren@aerogeologia.ru

GENESIS OF DIAMONDS FROM THE TRIASSIC COLLECTORS IN THE LOWER LENA RIVER

O.S.Berezner,
A.Yu.Egorov,
V.G.Cherenkov

The Lower Lena diamond placer district is located in the northern part of the Verkhoyansk fold belt which is pushed up to the north-eastern part of the Siberian Platform. Diamonds occur in the coastal marine basal horizon of Ladinian and Carnian stages of Triassic. Study of diamonds and abundant indicator minerals shows that they originated from the single kimberlite source and their transportation distance is some tens of kilometers. Significant portion of the clastic material (including collomorphic oolites) are products of laterite crust of weathering.

Key words: diamonds, placers, Siberian platform, Lena river, Carnian, kimberlites.

Журнал «Руды и металлы» приглашает к сотрудничеству представителей геологических, горно-геологических, горнодобывающих организаций и предприятий, отраслевых научно-исследовательских, академических и образовательных институтов

По вопросам размещения рекламы или издания целевого номера, посвящённого вашему предприятию, организации, её продукции и услугам обращаться по телефону 8 (495) 315-28-47 или электронной почте rudandmet@tsnigri.ru
Реклама по заказам отраслевых организаций и высших учебных заведений выполняется по льготным расценкам