

РЭТСКИЕ РОССЫПИ АЛМАЗОВ СИБИРИ

**С.А. Граханов, Ю.А. Маланин, В.И. Павлов, В.П. Афанасьев*,
Н.П. Похиленко*, А.В. Герасимчук**, А.Н. Липашова****

ОАО «Нижнеленское», 677027, Якутск, ул. Кирова, 18, блок Б, Россия

** Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия*

*** ЯНИГП ЦНИГРИ, АК «АЛРОСА», 678170, Мирный, ул. Ленина, 6, Россия*

На севере Республики Саха (Якутия) в бассейнах рек Эекит, Никабыт, Келимяр и Бур открыты крупные россыпные проявления алмазов, которые сформированы в базальном горизонте рэтского яруса верхнего триаса. По своим типоморфным особенностям алмазы и минералы-индикаторы кимберлитов имеют полное сходство с таковыми из базальных горизонтов карнийского яруса, но, в отличие от них, характеризуются хорошей сортировкой, и на пиробазах видны следы повышенного механического износа. Проведенный анализ особенностей геологической эволюции изученной территории, характеристик морфологии алмазов и их минералов-спутников, а также особенностей состава минералов-спутников показывает, что рэтские продуктивные отложения были сформированы за счет размыва карнийских россыпей.

Алмаз, месторождение, россыпь, верхний триас, север Якутии.

RHAETIAN DIAMOND PLACERS IN SIBERIA

**S.A. Grakhanov, Yu.A. Malanin, V.I. Pavlov, V.P. Afanas'ev, N.P. Pokhilenko,
A.V. Gerasimchuk, and A.N. Lipashova**

Large diamond placers have been discovered in a Rhaetian basal horizon (Upper Triassic) in the north of the Sakha Republic (Yakutia) in the drainage areas of the Eekit, Nikabyt, Kelimyar, and Bur Rivers. The found diamonds and kimberlite indicator minerals are completely similar in typomorphic features to those from Carnian basal horizons but, in contrast to them, are well sorted, and pyropes show features of mechanical wear. Analysis of the geologic evolution of the study area, morphology of diamonds and indicator minerals, and composition of the latter showed that the Rhaetian sediments resulted from the erosion of Carnian placers.

Diamond, deposit, placer, Upper Triassic, northern Yakutia

ВВЕДЕНИЕ

Первые алмазы в рэтских отложениях на северо-востоке Сибирской платформы были найдены геологами НПО «Аэрогеология» в конце 80-х годов прошлого века (Р.О. Галабала, Л.М. Израилев). Однако этим находкам не было придано должного внимания из-за низких концентраций алмазов, и дальнейшие работы по изучению алмазоносности рэтских отложений не предпринимались. В 2006—2008 гг. геологами ОАО «Нижнеленское» было проведено изучение и представительное валовое опробование базального горизонта рэтского яруса в бассейне рек Никабыт и Келимяр и сделано заключение о высокой продуктивности этой древней россыпи. Был изучен вещественный состав продуктивного пласта, на современном аналитическом уровне исследованы алмазы и их минералы-спутники, определен возраст кимберлитовых цирконов, находящихся в россыпи совместно с алмазами. Полученные результаты изложены в данной статье.

ХАРАКТЕРИСТИКА РЭТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

Рэтские россыпи сформированы в базальном горизонте булунканской (хотугинской) свиты. Булунканская свита (верхний триас, рэтский ярус) выделена в процессе геолого-съемочных работ НПО «Аэрогеология» [Галабала и др., 1989] в бассейне рек Бур, Келимяр, Никабыт со стратотипом в среднем течении руч. Кыстык-Хая-Юряге и опорным разрезом по руч. Булункан-Юряге (притоки р. Келимяр). Аналогичными исследованиями южнее в верхнем течении р. Эекит (левый приток р. Лена) одновозрастные отложения были выделены в хотугинскую свиту. Отложения булунканской свиты со значительным стратиграфическим перерывом залегают на размывной поверхности массивных песчаников пастахской свиты (нижний триас, оленекский ярус) и перекрываются отложениями нижней юры.

К настоящему времени в процессе поисковых работ описано более 20 фрагментарных обнажений булунканской свиты от нижнего течения р. Бур на западе до верховьев р. Эекит на востоке. Таким обра-

Рис. 1. Распространение алмазоносных отложений булунканской свиты на северо-востоке Сибирской платформы.

1 — выход продуктивных образований булунканской свиты на уровне современного среза.

зом, данная алмазоносная свита прослежена по простиранию на расстояние около 250—300 км по всему обрамлению Оленекского поднятия. Ширина полосы распространения свиты по выходам в пределах современного эрозионного среза четвертичных долин составляет не менее 10—15 км (рис. 1).

На большей части изученной площади свита залегает субгоризонтально, образуя четко выраженное геологическое тело. Наиболее детально свита изучена по естественным обнажениям в бассейнах рек Келимяр и Никабыт, где она выходит на дневную поверхность в долинах рек и перекрыта юрскими осадками на приподнятых участках водоразделов. В буровых скважинах севернее устья р. Бур (Тюмятинский участок) свита подсечена в скв. К-7 у поверхности, в скважинах К-8, К-34, Р-50 на глубинах 120, 320 и 430 м соответственно [Галабала и др., 1989]. Таким образом, от устья р. Келимяр наблюдается устойчивое погружение свиты на север, что связано с формированием Лено-Анабарского прогиба.

Отложения булунканской свиты представлены разнозернистыми терригенными осадками прибрежно-морского, мелководно-морского генезиса — в разной степени литифицированными конгломератами, гравелитами, грубозернистыми песчаниками. Рэтский возраст свиты определяется находками двустворок *Tosapecten efimovae* Polub. в стратотипическом разрезе по руч. Кыстык-Хая-Юряге [Галабала и др., 1989] и во фрагментарных разрезах по рекам Никабыт (данные авторов, определение А.М. Трущелева, ЯПСЭ, г. Якутск), Ортоку-Эекит, Согуру-Эекит и др. Мощность свиты варьирует в широких пределах от 25—30 м в бассейне р. Эекит, до 1.5—3.0 м в бассейне рек Келимяр и Никабыт.

В обнажениях в бассейне р. Эекит по всему разрезу свиты прослеживаются линзообразные пласты внутриформационных конгломератов мощностью от первых сантиметров до 0.3 м при протяженности линз 3—4 м и более. По простиранию свиты на север и северо-запад ее мощность сокращается, а конгломераты приобретают характер непрерывного базального горизонта мощностью от 0.05 до 0.8 м, залегающего с размывом непосредственно на песчаниках пастахской свиты. На отдельных участках здесь пласт конгломератов имеет двучленное строение и содержит относительно выдержанные линзы массивных песчаников.

В среднем течении р. Хотугу-Эекит наиболее уверенно к отложениям булунканской свиты можно отнести два слоя:

1 — конгломераты (линзообразный пласт, прослежен на расстоянии около 80 м), состоящие из галек преимущественно мелкого и среднего размера разнообразных пород. Цемент — зеленовато-серый известковистый. Мощность непостоянна и варьирует в обнажении от 0.05 до 0.5 м.

2 — алевролиты буровато-лиловые и бурые с поверхности, зеленовато-серые на сколе, комковатые. На плоскостях напластования — обломки углефицированной древесины. В подошве и средней части слоя — прослой плотных крупнозернистых известковистых алевролитов, невыдержанных по простиранию (до 5—10 см). В интервале 3.2—4.3 м от подошвы слоя наблюдаются маломощные (до 1—3 см) прослой мелкогалечных конгломератов и гравелитов. В 3.9—4.0 м от основания — прослой желтовато-бурых глин, в верхних 0.7 м — прослой (до 1 см) с углистой черной крошкой. Мощность второго слоя — 5.3 м. Выше по течению р. Хотугу-Эекит в отложениях этого слоя были найдены фрагменты раковин двустворок *Tosapecten efimovae* Polub.

Аналогичные слои прослежены в правом борту р. Никабыт (бассейн р. Оленек), где обнажаются базальные конгломераты полимиктовые, невыдержанные по простиранию, образующие линзы длиной до 5 м и мощностью до 45 см. Валунный состав составляют 5.0 %, галька — 50 %, гравий — 30 %, песок и глина около 15 %. Петрографический состав гальки довольно пестрый. Выделяются пять основных групп пород: фельзит-порфиры, лавовые брекчии, кремнеземные магматические породы, породы осадочного и неясного генезиса. При микроскопическом изучении в группе фельзит-порфиров фиксируются риолиты, трахириолиты, сиенит-порфиры, туфы и лавовые брекчии. Мелкообломочный материал представлен

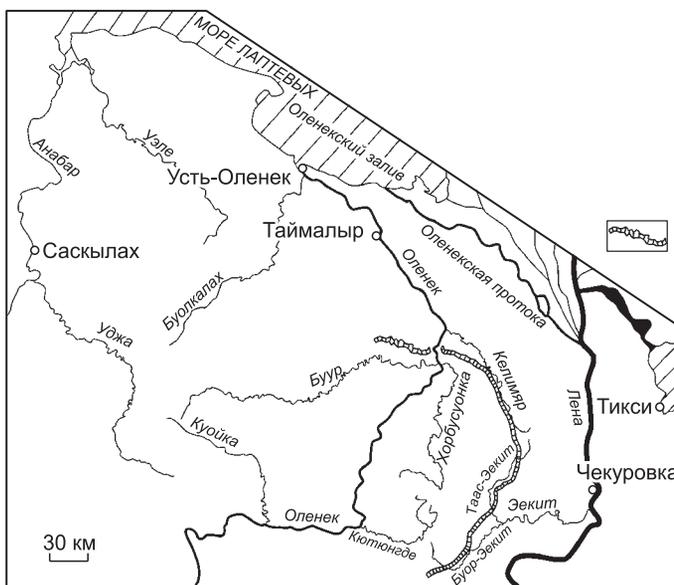




Рис. 2. Крупная галька и мелкие валуны из базального горизонта булунканской свиты (р. Никабыт).

Фото С.А. Граханова.

кристаллами и обломками кристаллов кварца, калиевого полевого шпата и плагиоклаза. Галька и мелкие валуны уплощенные, хорошо окатанные, с характерными следами прибрежно-морской обработки (рис. 2).

Конгломераты сцементированы песчаниками светло-зеленовато-серыми среднезернистыми с остатками обугленной древесины и углефицированным растительным детритом. В основании конгломераты нелитифицированные, в кровле — слабо-сцементированные. Конгломераты перекрыты

алевролитами зеленовато-серыми крупнозернистыми комковатыми мощностью 0.45 м. В 25 см выше поверхности конгломератов была найдена хорошо сохранившаяся раковина *Tosapecten efimovae* Polub.

Опорный разрез свиты в правом борту р. Булункан-Юряге (левый приток р. Келимяр) имеет двучленное строение, где снизу вверх залегают:

1. Конгломераты мелкогалечные сортированные, по простиранию переходящие в гравелиты. Залегают на неровной поверхности песчаников пастахской свиты. В составе гальки обилие экзотических пород — выделяются красные, коричнево-красные яшмоиды и зеленые кварц-полевошпатовые порфиры, галька не сортирована, угловатой формы, конгломераты не литифицированы, в связующей массе — мелкий гравий и крупнозернистый песок бурого цвета. Довольно часто встречаются обломки неокатанных кристаллов аметистовидного кварца. Мощность конгломератов 0.5 м.

2. Выклинивающийся к югу пласт бурого толстоплитчатого среднезернистого песчаника мощностью около 0.2 м.

3. Мелкогалечные конгломераты, переходящие в гравелиты, в составе гальки меньше экзотических пород, преобладают породы темно-серого и серого цветов, галька не сортирована, угловатой формы, конгломераты не сцементированы, в связующей массе — мелкий гравий и крупнозернистый песок бурого цвета. Мощность описанных пород — 0.2 м.

4. Выветрелые алевролиты и алевропесчаники, сохраняющие признаки горизонтального залегания, мощностью около 0.5 м.

5. Линзовидные прослои желтых, охристо-желтых, осветленных глин каолинит-монтмориллонитового состава с включениями углефицированной древесины черного цвета (фрагменты переотложенных кор выветривания), их мощность варьирует в пределах 0.1—0.3 м.

Таким образом, повсеместно в составе свиты выделяются в разной степени выдержанные один или два пласта конгломератов мощностью от первых сантиметров до 0.8 м. По-видимому, на северном обрамлении Оленекского поднятия конгломераты имеют базальный характер и на значительной площади с размывом перекрывают отложения пастахской свиты.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЭТСКОЙ РОССЫПИ

Минералогический состав продуктивных конгломератов рэтского яруса довольно однообразный. При крайне низком выходе тяжелой фракции в шлиховых пробах встречаются редкие зерна альмандина, ильменита, магнетита и циркона.

Альмандин встречается преимущественно в мелких классах (–0.5 мм) в виде окатанных зерен, реже в форме кристаллов розового, малиново-розового или бледно розового цветов. Поверхность зерен кавернозная со следами растворения, с трещинами и примазками хлорита или гидрослюда желтоватого цвета. Кристаллы преимущественно ромбододекаэдрического габитуса, ребра сглажены механическим износом и частичным растворением.

Зерна магнетита мелкие (–0.5 и 0.25 мм), угловатые, слабой и средней окатанности, реже в виде октаэдрических кристаллов со сглаженными ребрами. Поверхность шероховатая.

Зерна ильменита преимущественно неправильной формы средней, реже слабой окатанности, с шероховатой механогенной поверхностью, раковистыми выколками. Выпуклые части зерен приполированы.

Цирконы по морфологическим особенностям соответствуют кимберлитовым и представлены бесцветными овализованными зернами с шероховатой механогенной поверхностью. Края сколов слабо за-

Таблица 1. **Распределение пиропов в триасовых кимберлитовых телах и триасовых коллекторах северо-востока Сибирской платформы**

Коренные тела, россыпи	Содержание (%) пиропов в размерных классах, мм		
	-4...+1	-1...+0.5	-0.5...+0.25
Тр. Комарова	3.06	26.94	70.00
Тр. Университетская	0.51	15.01	84.48
Тр. Малокуонапская	0.75	18.35	80.90
Карнийская россыпь ближнего сноса, уч. Булкур	3.82	58.53	37.65
То же, р. Улахан-Алджархай	0.45	5.25	94.30
Рэтская россыпь, р. Никабыт	95.06	1.85	3.09
То же, р. Келимяр	98.30	1.60	0.10

терты. В гранулометрическом классе -0.25 мм встречаются некимберлитовые цирконы в форме бипирамидально-призматических кристаллов с многочисленными включениями, трещинками и пустотами. Окатанность этих зерен слабая.

Из минералов-индикаторов кимберлитов в продуктивном горизонте рэтского яруса в незначительных концентрациях встречаются пиропы, хромшпинелиды и цирконы кимберлитового типа. При промывке шлиховых проб объемом 20 л пиропы зачастую не фиксируются. В среднем при находке одного алмаза можно найти не более десяти пиропов. Содержание пиропов в 1 м^3 конгломератов не превышает 30—35 зерен. Пиропы из рэтских базальных горизонтов выделяются повышенной крупностью, что свидетельствует об их гранулометрической сортировке при формировании прибрежно-морской россыпи (табл. 1.).

Среди пиропов преобладают красновато-фиолетовые разности (85.2 %), реже встречаются красные (7.8 %) и оранжевые (7.0 %) зерна. Все пиропы окатаны, по форме доминируют округлые (78.1 %) и угловато-округлые (13.2 %) зерна. Изредка встречаются пиропы с реликтами ромбододекаэдрической огранки. Пиропы из базального горизонта рэтского яруса имеют степень износа от средней до сильной. Как показали В.П. Афанасьев с соавторами [Афанасьев и др., 2001, 2008], при такой степени износа пиропов пикроильменит уничтожается практически полностью; это объясняет отсутствие пикроильменита в россыпи. По окатанной поверхности может развиваться пирамидально-черепитчатый рельеф растворения [Афанасьев и др., 2001] в условиях метагенеза, связанный с формированием Верхоянской складчатой системы (рис. 3, 4).

На зернах с пирамидально-черепитчатым рельефом зачастую отмечаются вторичные продукты глинистого состава, кальцит и гипс.

Исследования химического состава пиропов из карнийского и рэтского ярусов показали близость распределений их основных характеристик в сравниваемых объектах. В обоих случаях доминируют пиропы лерцолитового парагенезиса, а пиропы алмазной ассоциации (субкальциевые высокохромистые

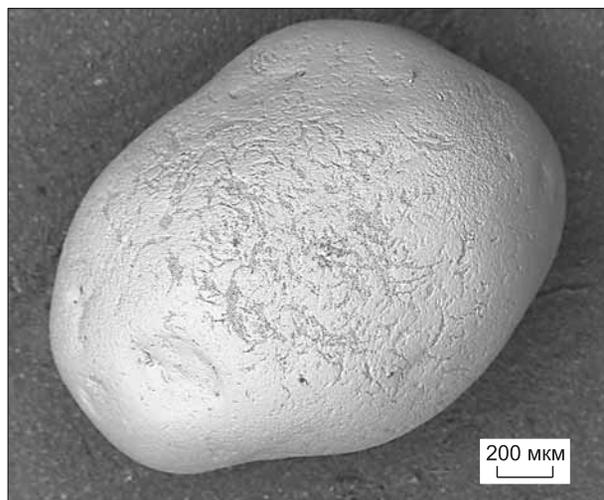


Рис. 3. Сильно окатанное и приполированное зерно пироба из конгломератов булунканской свиты рэтского яруса.

Пр. 2002 р. Келимяр.

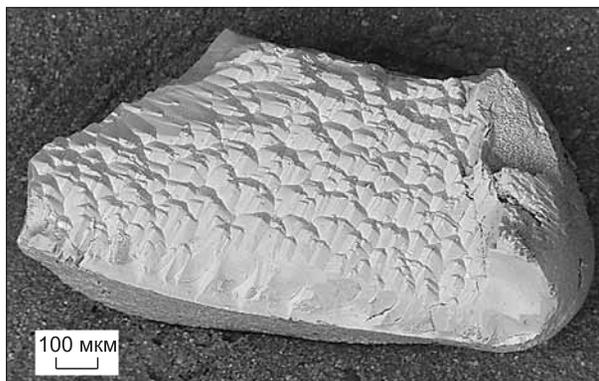


Рис. 4. Фрагмент сильно окатанного зерна пироба из конгломератов булунканской свиты с последующей коррозией, обусловившей пирамидально-черепитчатый рельеф.

Пр. 2002, р. Келимяр.

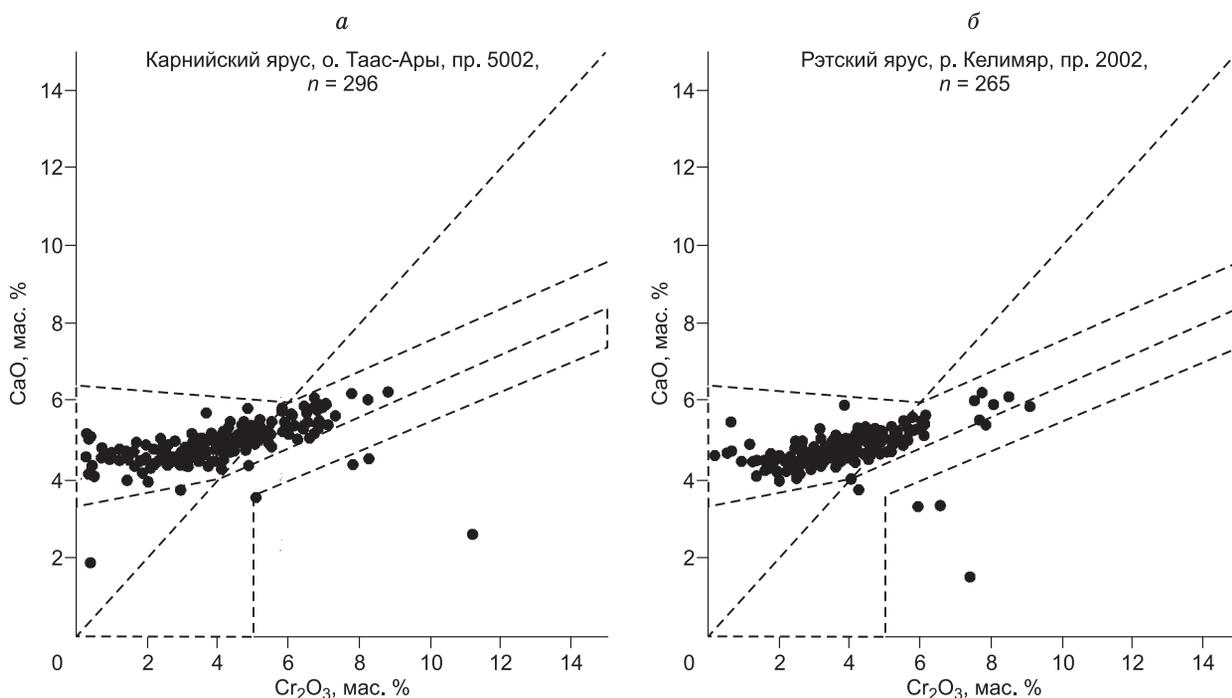


Рис. 5. Положение точек химического состава пиропов из карнийских (а) и рэтских (б) отложений на диаграмме, по [Соболев и др., 1978].

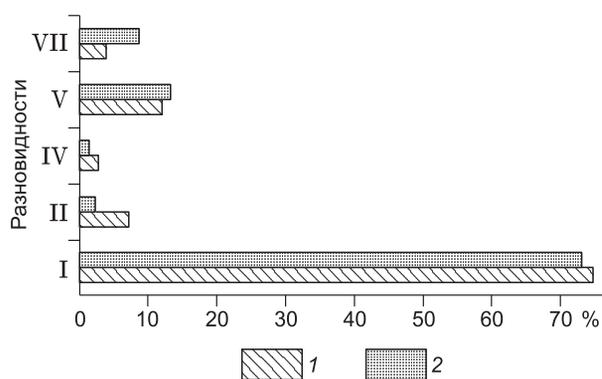
пиропы гарцбургит-дуניתового парагенезиса, по [Sobolev et al., 1973, Соболев и др., 1978]) отсутствуют или составляют первые проценты от общего количества исследованных гранатов (рис. 5). Типичное положение тренда пиропов лерцолитового парагенезиса на графиках в координатах Cr_2O_3 — CaO для выборок из обоих сравниваемых объектов указывает на отсутствие среди них в сколько-нибудь повышенных количествах так называемых «пиропов из лерцолитов аномального состава» [Тычков и др., 2008]. Заметные, вплоть до очень высоких (до 3/4 от общего количества), концентрации таких пиропов характерны для безалмазных либо убогоалмазоносных кимберлитов верхнеюрского цикла внедрения [Pokhilenko et al., 2002]. Образованию пиропов подобного состава способствовала глубинная (мантийная) метасоматическая проработка истощенных перидотитов нижних уровней литосферы расплавами и флюидами сублитосферного происхождения, связываемая с воздействием на подошву литосферы Сибирской платформы суперплюма на границе пермского и триасового периодов [Pokhilenko et al., 1999; Pokhilenko et al., 2002; Тычков и др., 2008]. Результатом этого воздействия явилось значительное сокращение мощности литосферы и уничтожение слоя алмазоносных хромпироповых гарцбургит-дуניתов, с чем и связывается очень низкая алмазоносность абсолютного большинства мезозойских кимберлитов [Pokhilenko et al., 1999; Pokhilenko et al., 2002].

Таким образом, отсутствие повышенных концентраций лерцолитовых пиропов аномального состава в изученных выборках пиропов из конгломератов карнийского и рэтского ярусов повышает перспективы алмазоносности их коренных источников. Следует также отметить наличие некоторых различий в распределениях содержания хрома в сравниваемых выборках пиропов. Так, во вполне представительных и сопоставимых по количеству изученных зерен пиропов выборках (в каждой более 250 зерен) для пробы, отобранной из терригенных пород карнийского яруса о. Таас-Ары (низовье р. Лена), количество пиропов с содержанием хрома выше 6 мас.% Cr_2O_3 вдвое превышает таковое для пробы из конгломератов рэтского яруса, отобранной в бассейне р. Келимяр (см. рис. 5). Эта особенность, скорее всего, связана со множественностью коренных источников.

Для представительного опробования рэтских россыпей на алмазы в бассейнах рек Келимяр и Никабыт были пройдены каналы для вскрытия продуктивных отложений. На участке Келимяр была пройдена канава объемом 960 м³ и наработана представительная проба конгломератов 40.0 м³, а на участке Никабыт соответственно 178.0 и 7.5 м³. В результате валового опробования конгломератов на участке Келимяр было извлечено 158 кристаллов алмазов, а на участке Никабыт — 40. Среднее содержание алмазов в рэтских отложениях на участке Келимяр составило 0.57 кар/м³ при максимальных значениях по рядовым пробам до 2.30 кар/м³, а на участке Никабыт — 0.91 кар/м³. Опробование позволило определить

Рис. 6. Распределение алмазов из россыпей рэтского и карнийского ярусов по разновидностям, по [Орлов, 1984].

Россыпи: 1 — рэтские, 2 — карнийского яруса.



прогнозный потенциал алмазов рэтской россыпи и выдвинуть данный объект в разряд перспективных для геолого-разведочных работ и последующего промышленного освоения.

Изучение типоморфных особенностей алмазов из рэтских отложений позволило установить, что при сходстве кристалломорфологических особенностей алмазов из карнийских и рэтских россыпей последние отличаются повышенным средним весом, пониженным содержанием мелких классов, что обусловлено их сортировкой в прибрежно-морских условиях (табл. 2, 3).

Кристалломорфологический облик алмазов рэтских россыпей аналогичен карнийскому и отличается от морфологического спектра алмазов из палеозойских кимберлитов и сформированных за их счет россыпей. В первую очередь это касается присутствия в триасовых россыпях алмазов V и VII разновидностей [Орлов, 1984], которые отсутствуют в известных кимберлитовых телах Сибирской платформы, а также резко повышенной по сравнению с кимберлитами доли скрытоламинарных додекаэдроидов. Следует отметить, что при описании коллекций разными аналитиками наблюдаются значительные вариации в соотношении разновидностей алмазов. В пределах участка Булкур, опробованного в одном месте, но изученного в разные годы, содержание алмазов V и VII разновидностей изменяется в два раза (см. табл. 3). Вероятно, это обусловлено тем, что визуальное отнесение алмазов в эту группу довольно субъективно и зачастую туда попадают округлые камни I разновидности, содержащие включения графита.

Среди алмазов рэтских россыпей установлены индивиды I разновидности (октаэдры, переходные формы, ромбододекаэдры, единичные находки кубов, куборомбододекаэдров, тетрагексаэдроидов), выявлены алмазы II, IV, V, VII разновидностей [Орлов, 1984].

Таблица 2. Гранулометрический состав алмазов из верхнетриасовых отложений

Возраст, наименование участка	Извлечено алмазов		Средний вес, мг	Класс крупности (мм); количество/вес (%)		
	шт.	мг				
				-4...+2	-2...+1	-1...+0.5
Карний, Булкур	296	2475	8.4	17.3/59.6	63.8/38.5	18.9/1.9
» 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
Рэт, Келимяр	158	3269.4	20.7	54.4/88.1	38.6/11.4	7.0/0.5
» Никабыт	40	975.2	24.4	60.0/92.7	35.0/7.0	5.0/0.3

Таблица 3. Сравнительная характеристика алмазов из разновозрастных коллекторов

Возраст россыпей, наименование участка, год изучения	Кол-во, шт.	Сумма, %		I	II	III	IV	V+VII	VIII
		ламинарных	округлых						
Ранний карбон, р. Оленек, 1986*	187	75.9	11.2	88.2	0.5	0.0	9.7	0.0	1.6
Поздний триас, карнийский век, уч. Булкур, 1985*	296	7.1	33.8	51.7	2.4	0.0	0.0	45.6	0.0
Поздний триас, карнийский век, уч. Булкур, 2007**	393	19.7	53.9	75.1	2.3	0.0	2.0	22.5	0.0
Поздний триас, карнийский век, уч. Туора-Сис, 2007**	88	11.2	67.1	80.7	2.3	0.0	0.0	19.2	0.0
Поздний триас, рэтский век, р. Никабыт, 2006**	40	27.5	27.5	57.5	7.5	0.0	2.5	32.5	0.0
Поздний триас, рэтский век, р. Келимяр, 2007**	143	26.6	49.0	77.6	7.0	0.0	2.8	16.1	0.0

* Данные Амакинской экспедиции и НПО Аэрогеология, описание В.И. Коптиля.

** Данные ОАО «Нижнеленское», описание А.Н. Липашовой ЯНИГП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА».

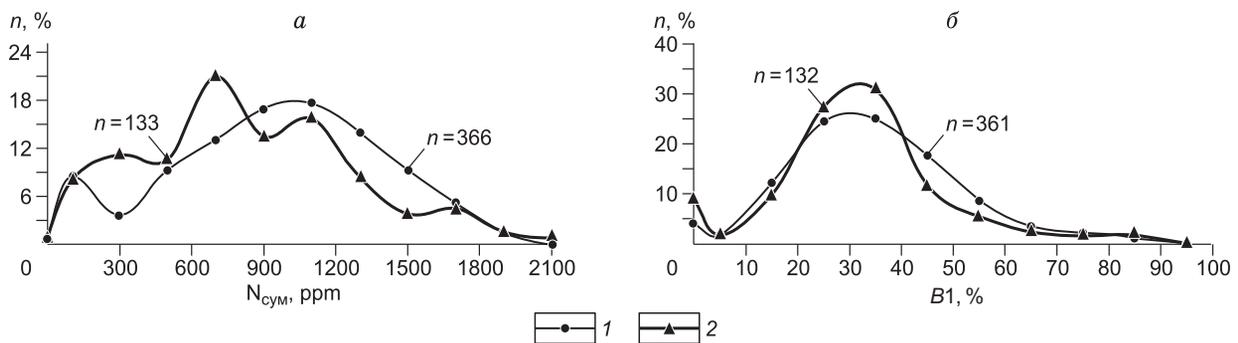


Рис. 7. Распределение алмазов по содержанию суммарного азота (а) и по содержанию (%) азота в V1-форме (б).

Россыпи: 1 — карнийского яруса, 2 — рэтские.

В исследованных коллекциях алмазов из рэтских россыпей доминируют кристаллы с концентрацией примесного азота более 400 ppm. Доля кристаллов с концентрацией до 25 ppm («безазотных») незначительна — менее 1 % (рис. 7, а). Содержания примеси водорода в алмазах малые, коэффициенты поглощения узких линий на 3107 см^{-1} обычно не превышают 3 см^{-1} (в среднем около 1 см^{-1}).

Алмазы I разновидности, по [Орлов, 1984]. Основная их доля представлена додекаэдроидами скрытослоистыми и со сноповидно-занозистой штриховкой, в небольшом количестве присутствуют ламинарные индивиды переходной и близкой к октаэдру форм, типичные для кимберлитов. Алмазы имеют относительно хорошую сохранность, большая часть из них представлена «целыми + незначительно поврежденными» кристаллами (50 %), при заметном количестве обломков (18 %) (рис. 8).

На поврежденных кристаллах, как в большинстве россыпей [Граханов, Коптиль, 2003; Граханов и др., 2007], преобладают механические сколы (42 %) над протомагматическими (18 %). Около половины (48 %) алмазов во всех классах крупности трещиноваты. Преобладают единичные трещины, поверхностные и глубокие, а также их комбинации. По количеству камней с многочисленными трещинами (11 %) рэтские россыпи очень близки к карнийским [Граханов, Коптиль, 2003]. Доля рэтских алмазов с включениями составляет около 48 %, основная масса включений представлена графитом, часто в комбинации с сульфидом. Среди двойников и сростков доминируют шпинелевые двойники, реже наблюдаются незаконномерные сростки и их комбинации с вростками. Большинство кристаллов (более 85 %) прозрачны. Содержание кристаллов категории «весьма прозрачные» + «чистой воды» составляет всего примерно 5 %. Доля полупрозрачных камней 9 %. Общее содержание окрашенных кристаллов (32 %) в рэтских россыпях сопоставимо с аналогичными характеристиками алмазов из карнийских россыпей. Преобладает лилово-коричневая и дымчато-коричневая (в сумме около 23 %) окраска, обусловленная пластической деформацией кристаллов и характерная для алмазов I разновидности. Присутствуют серые камни, а также кристаллы желтого и соломенно-желтого цветов. Некоторое количество алмазов (10 %) слабо ожелезнены. Из поверхностных скульптур на алмазах встречаются шрамы, треугольные впадины и их комбинации, реже полосы пластической деформации и матировка. По характеру фотолюминесценции значительно доминируют кристаллы с розово-сиреневым свечением (55 %) во всех классах крупности при подчиненном значении алмазов с сине-голубым (25 %) и с желто-зеленым (20 %) свечением, что характерно для всех мезозойских и кайнозойских россыпей северо-востока Сибирской платформы [Граханов, Коптиль, 2003; Граханов и др., 2007].

Исследованные методом ИК-спектроскопии октаэдры и кристаллы переходных форм I разновидности характеризуются концентрацией азота менее 400 ppm, только индивиды переходных форм с занозистой штриховкой имеют повышенные его концентрации (около 800 ppm). Округлые и ламинарные ромбододекаэдры, как правило, высокоазотистые, лишь у единичных кристаллов концентрация примеси азота менее 400 ppm.

Алмазы II разновидности, по [Орлов, 1984]. Общее количество составляет 7.0—7.5 %. Кристал-

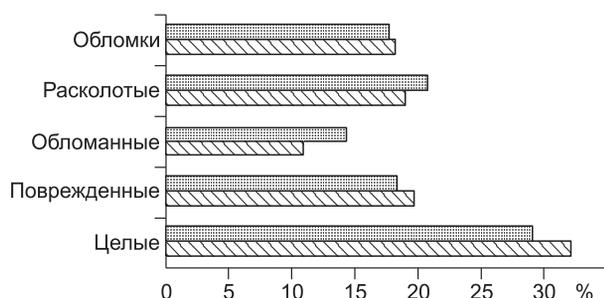
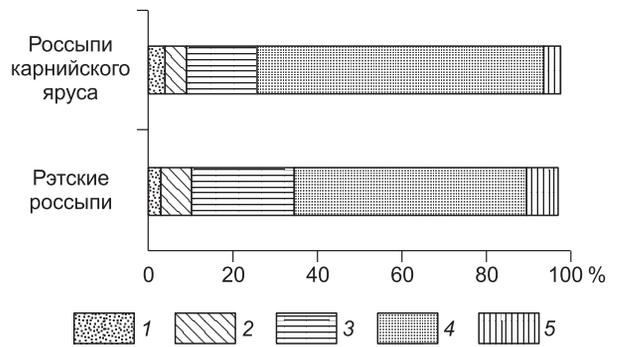


Рис. 8. Сохранность алмазов I разновидности из рэтских россыпей и карнийского яруса.

Усл. обозн. см. на рис. 6.

Рис. 9. Габитусные типы алмазов I разновидности из рэтских россыпей и карнийского яруса.

1 — октаэдры, 2 — переходные формы, 3 — ламинарные ромбододекаэдры, 4 — типичные округлые, 5 — округлые с шагренью и полосами пластической деформации.



лы представлены главным образом желтыми, прозрачными, целыми и незначительно поврежденными кубоидами, реже додекаэдроидами различной сохранности с желтым и желто-зеленым свечением в УФ-лучах. Среди кубоидов этой разновидности доминируют индивиды с малыми содержаниями азота главным образом в *C*-форме, додекаэдроиды этой разновидности чаще более азотистые (около 400 ppm), обычно в них доминирует *A*-форма нахождения примеси азота.

Алмазы V—VII разновидностей, по [Орлов, 1984] — это серые, переполненные графитовыми включениями полупрозрачные ромбододекаэдроиды, переходные формы, незакономерные сростки, не светящиеся или имеющие слабо-розовую или розово-сиреневую фотолюминесценцию. Общее содержание — 12—13 %. Примерно половина алмазов представляют собой целые кристаллы. Примесь азота в них характеризуется концентрациями до 1000—1700 ppm и присутствует преимущественно в *A*-форме; пластинчатые *B2*-образования очень малых размеров, в среднем 19 нм.

В целом в рэтских россыпях преобладают типичные округлые алмазы. В значительном количестве встречаются алмазы «эбеляхского» типа (23—40 % — II + V + VII разновидности), которые отсутствуют в кимберлитах Якутии. В базальных горизонтах рэтского яруса зафиксировано повышенное содержание ламинарных кристаллов, характерное для высокоалмазоносных кимберлитовых тел, в сравнении с карнийским ярусом (рис. 9). Большинство из них представлены ромбододекаэдрами и переходными формами ряда октаэдр—ромбододекаэдр со сноповидно-занозистой штриховкой.

Алмазы рэтских россыпей по своим кристалломорфологическим и оптико-спектроскопическим особенностям близки к таковым из карнийского яруса. Для последних также характерно: преобладание типичных округлых алмазов I разновидности, обогащенных примесью азота, хорошая сохранность, доминирование розово-сиреневой фотолюминесценции над сине-голубой при заметном количестве кристаллов с желто-зеленым свечением, сопоставимое соотношение содержаний алмазов I, V + VII разновидностей. Ламинарные ромбододекаэдроиды I разновидности со сноповидно-занозистой штриховкой из рэтских россыпей и россыпей карнийского яруса имеют концентрации азота в пределах 500—1400 ppm, а тонкослоистые индивиды относятся к несколько более азотистым — 800—1600 ppm.

Концентрации азота в скрытоламинарных додекаэдроидах варьируют от 400 до 1800 ppm, среднее для изученных выборок алмазов из этих россыпей составляет около 1000 ppm. Как и ламинарные ромбододекаэдры, округлые кристаллы этого габитуса со сноповидной штриховкой относятся к высокоазотистым, в то же время в изученной выборке алмазов из рэтских россыпей не встречены индивиды с концентрацией азота более 1100 ppm, каковые составляют в популяции алмазов карнийского яруса более четверти. Среди додекаэдроидов с шагренью и полосами пластической деформации (алмазы «жильного» типа) в россыпях из карнийского яруса заметно больше малоазотистых кристаллов. В то же время в рэтских россыпях почти вдвое чаще встречаются алмазы I разновидности, окрашенные в лилово-коричневые и дымчато-коричневые цвета, что, соответственно, увеличивает долю алмазов с желто-зеленым свечением в УФ-лучах (рис. 10).

В рэтских россыпях заметно выше число алмазов II разновидности.

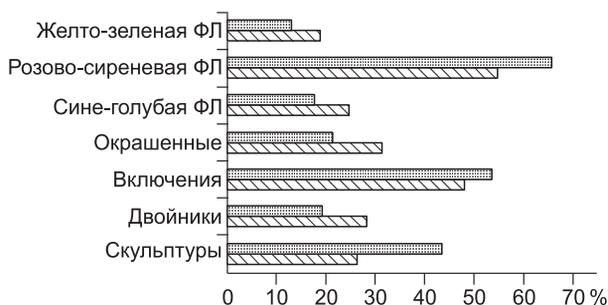


Рис. 10. Некоторые минералогические признаки алмазов I разновидности из рэтских и карнийских россыпей.

Усл. обозн. см. на рис. 6.

ДИСКУССИЯ

Изложенные материалы позволяют сделать некоторые выводы генетического характера, но одновременно появляются новые нерешенные вопросы.

Прежде всего, можно констатировать, что триасовые коллекторы, как карнийский, так и рэтский, имеют моногенный характер. Это означает, что они сформированы за счет размыва только триасовых кимберлитовых тел и не содержат индикаторных минералов кимберлитов, переотложенных из более древних отложений. Последние должны быть представлены минералами из среднепалеозойских кимберлитов, отличающимися наличием признаков гипергенной коррозии, связанной с позднедевонской латеритной корой выветривания. Индикаторные минералы кимберлитов с признаками выветривания как продукты переотложения коры выветривания широко распространены в верхнепалеозойских отложениях всей Сибирской платформы, в том числе ее северо-востока, а также в массовом количестве присутствуют в юрских и более молодых отложениях. Исключительность триасовых коллекторов можно понять, проанализировав геологическую карту: там, где триасовые коллекторы сохранились и являются предметом нашего исследования, они залегают на неразмытой поверхности пермских отложений, поэтому триасовые отложения на момент своего формирования не могли питаться минералами из верхнепалеозойских осадков. Единственным источником их питания были триасовые кимберлиты, что подтверждается также аналогией состава ассоциаций пиропов из карнийских и рэтских отложений с известными триасовыми кимберлитами. Однако позднее в связи с воздыманием Анабарской антеклизы в размыв были вовлечены как триасовые, так и верхнепалеозойские отложения, в результате чего в юрских и более молодых коллекторах присутствует уже смесь минералов из среднепалеозойских и триасовых кимберлитов, поступившая за счет размыва соответственно верхнепалеозойских и триасовых коллекторов.

Таким образом, индикаторные минералы из триасовых коллекторов, представленные в данном случае пиропами, происходят из триасовых кимберлитов. Однако происхождение алмазов из этих коллекторов вызывает вопросы.

В целом алмазы из триасовых коллекторов можно разделить на три парастерезиса. Первый включает типичные кимберлитовые алмазы морфологического ряда октаэдр—кристалл переходной формы—ламинарный додекаэдрон, характерные для кимберлитов разного возраста, в том числе триасового, например тр. Малокуонапская. Эти алмазы в изученных ассоциациях присутствуют в подчиненном количестве (см. рис. 9). Отмеченные выше особенности состава пиропов из карнийского и рэтского коллекторов указывают на сравнительно низкий уровень метасоматической проработки низов литосферной мантии районов размещения предполагаемых коренных источников таких алмазов на время внедрения кимберлитов. Подтверждением этого заключения является относительно низкий уровень магматической активности, связанной с воздействием на подошву литосферы суперплюма на границе пермского и триасового периодов в изученном регионе в сравнении с таковой для территории, расположенной к юго-западу от него. Эта особенность, в свою очередь, дает возможность предполагать наличие в пределах изученной территории кимберлитов триасового цикла внедрения с повышенной алмазоносностью, что согласуется с нашим выводом о природе алмазов кимберлитового парастерезиса в промежуточных коллекторах карнийского и рэтского возраста.

Второй парастерезис, доминирующий в описываемых россыпях, представлен скрытоламинарными додекаэдроидами. Такие кристаллы могут присутствовать в продуктивных кимберлитах в незначительном количестве (не более 5 % в алмазоносной фазе тр. Малокуонапская и 28 % в убогоалмазоносных породах этой же трубки, до 10 % в трубках Верхнемунского поля и до 9.7 % в тр. Юбилейная [Коптиль, 1994]). Но доминирующая роль скрытоламинарных додекаэдроидов в россыпях не может быть обеспечена фанерозойскими кимберлитами, аналогичными многочисленным известным кимберлитовым телам.

Третий парастерезис включает алмазы V—VII разновидности, доля которых среди алмазов изученных мезозойских коллекторов достигает трети от общего количества. Но алмазы данного типа полностью отсутствуют в известных фанерозойских кимберлитах Сибирской платформы. Указания на находки таких алмазов в кимберлитах Архангельской алмазоносной провинции являются ошибочными, что показано в работе [Афанасьев и др., 2005].

Таким образом, при типичности индикаторных минералов триасовых коллекторов их алмазы не типичны для известных коренных месторождений России, что указывает на специфичность их первоисточников.

Следует отметить, что выделенные парастерезисы алмазов характерны не только для триасовых коллекторов, но и в целом для разновозрастных коллекторов северо-востока Сибирской платформы, т.е. эта проблема является общей для региона. Пока она не решена, имеются лишь гипотезы относительно происхождения экзотических парастерезисов алмазов. При этом взгляды авторов данной статьи расходятся. С.А. Граханов считает их источником триасовые кимберлиты [Граханов и др., 2007]. Триасовые датировки получены для цирконов кимберлитового типа ([Дэвис и др., 1980], а также неопубликованные данные авторов), но это ничего не говорит об алмазоносности кимберлитов. В.П. Афанасьев предпола-

гает докембрийский возраст коренных источников и попадание их в триасовые и более молодые россыпи за счет размыва протерозойских прибрежно-морских отложений в пределах выступов докембрия, в частности на Оленекском поднятии [Афанасьев и др., 2002, 2005]. Однако недавно с участием авторов данной работы определен абсолютный возраст алмаза V—VII разновидности из россыпи реки Эбелях уран-свинцовым методом по включению рутила в алмазе, показавший среднепалеозойский возраст 361 ± 75 млн лет [Афанасьев и др., 2009], что еще более осложнило ситуацию, поскольку полученный возраст вступает в противоречие с другими характеристиками алмазов данной разновидности, в частности с высокой степенью износа, не достижимой в условиях фанерозойского седиментогенеза. Поэтому пока ни та, ни другая точка зрения не аргументированы в достаточной мере, в первую очередь находкой соответствующих источников алмазов. По этой причине мы не углубляемся в обсуждение данной проблемы в рамках данной статьи, оставляя это для специальных работ.

ВЫВОДЫ

1. На северо-востоке Сибирской платформы открыта древняя алмазная россыпь рэтского возраста. По прогнозному потенциалу алмазов ее можно отнести к крупным россыпным объектам. Россыпь характеризуется субгоризонтальным залеганием и небольшой мощностью продуктивного пласта, невысоким содержанием алмазов и большими размерами. Ее участки, характеризующиеся небольшой мощностью перекрывающих пород и повышенной алмазоносностью, перспективны для постановки геолого-разведочных и добычных работ.

2. Предполагается, что рэтские россыпи сформированы за счет размыва карнийских россыпей. На это указывают общие типоморфные особенности алмазов и минералов-индикаторов, ярко выраженная сортировка алмазов и пиропов в рэтской россыпи. Ассоциация пиропов формировалась в прибрежно-морских условиях, что и обусловило высокую степень окатанности зерен индикаторных минералов.

3. Продуктивный пласт рэтской россыпи локализован непосредственно на уровне находок *Tosapecten efimovae* Polub. Линзообразные пласты конгломератов выше этого уровня, по-видимому, не содержат алмазов и, вероятно, сформированы в более мористых условиях, чем их алмазоносные аналоги, представляющие собой пляжевые отложения рэтского моря.

4. Учитывая сходный петрографический состав гальки из базальных конгломератов карнийского и рэтского ярусов, где весомую долю составляют кислые породы, предполагаемые источники сноса при их формировании могут находиться на восточном склоне Оленекского поднятия, поскольку здесь широко развиты интрузивные образования сололийского базальт-риолитового комплекса (ранний протерозой).

5. По химическому составу и морфологическим особенностям пиропы из карнийских и рэтских коллекторов соответствуют триасовым кимберлитам северо-востока Сибирской платформы. Но алмазы отличаются от кимберлитовых в первую очередь повышенной долей скрытоламинарных ромбододекаэдров, а также присутствием алмазов V—VII разновидности, неизвестных в кимберлитах Сибирской платформы. Происхождение экзотических групп алмазов пока не ясно, и мнения авторов здесь расходятся. Пониженное содержание ламинарной группы алмазов и повышенное скрытоламинарных, по В.И. Коптилю [1994], характерно для кимберлитовых тел низкой и средней продуктивности. Поскольку скрытоламинарные ромбододекаэдровиды, алмазы II, V—VII разновидностей составляют основную долю россыпной продуктивности северо-востока Сибирской платформы, детальная характеристика карнийских и рэтских россыпей, приведенная здесь, имеет важное значение для общего понимания перспектив алмазоносности данного региона.

ЛИТЕРАТУРА

Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П. Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001, 276 с.

Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Тычков С.А. Проблема докембрийской алмазоносности Сибирской платформы // Вестник Воронежского гос. ун-та, 2002, № 1, с. 19—35.

Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Гриб П.В., Рагозин А.Л., Рылов Г.М., Томиленко А.А., Уханов А.В. О генезисе алмазов V разновидности из месторождения им. Ломоносова (Архангельская алмазоносная провинция) // Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. геол., 2005, № 2, с. 38—59.

Афанасьев В.П., Николенко Е.И., Тычков Н.С., Титов А.Т., Толстов А.В., Корнилова В.П., Соболев Н.В. Механический износ индикаторных минералов кимберлитов: экспериментальные исследования // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (2), с. 120—127.

Афанасьев В.П., Агашев А.М., Орихаши Ю., Похиленко Н.П., Соболев Н.В. Палеозойский U-Pb возраст включения рутила в алмазе V—VII разновидности из россыпей северо-востока Сибирской платформы // Докл. РАН, 2009, т. 428 (2), с. 228—232.

Галабала Р.О., Данилов В.Г., Полуботко И.В., Репин Ю.С. Пограничные триасово-юрские отложения восточной части Лено-Анабарского прогиба // Изв. АН СССР. Сер. геол., 1989, № 6, с. 128—132.

Граханов С.А., Коптиль В.И. Триасовые палеороссыпи алмазов северо-востока Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (11), с. 1191—1201.

Граханов С.А., Шаталов В.И., Штыров В.А., Кычкин В.Р., Сулейманов А.М. Россыпи алмазов России. Новосибирск, Академическое изд-во «Гео», 2007, 457 с.

Дэвис Г.Л., Соболев Н.В., Харькив А.Д. Новые данные о возрасте кимберлитов Якутии, полученные уран-свинцовым методом по цирконам // Докл. АН СССР, 1980, т. 254, № 1, с. 175—179.

Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов северо-востока Сибирской платформы в связи с проблемой прогнозирования и поисков алмазных месторождений: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Новосибирск, ИМП СО РАН, 1994, 34 с.

Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза, М., Наука, 1984, 264 с.

Соболев Н.В., Похиленко Н.П., Лаврентьев Ю.Г., Усова Л.В. Роль хрома в гранатах из кимберлитов // Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. Новосибирск, Изд-во Наука, 1978, с. 145—168.

Тычков Н.С., Похиленко Н.П., Кулигин С.С., Малыгина Е.В. Особенности состава и происхождение пиропов аномального состава из лерцолитов (свидетельства эволюции литосферной мантии Сибирской платформы) // Геология и геофизика, 2008, т. 49 (4), с. 302—318.

Pokhilenko N.P., Sobolev N.V., Kuligin S.S., Shimizu N. Peculiarities of distribution of pyroxenite paragenesis garnets in Yakutian kimberlites and some aspects of the evolution of the Siberian craton lithospheric mantle // Proc. 7th Int. Kimberlite Conf., Cape Town, 1999, v. 2, p. 689—698.

Pokhilenko N.P., Sobolev N.V., Agashev A.M., Shimizu N. Permo-Triassic superplume and its influence to the Siberian lithospheric mantle // Proc. Superplume Intern. Workshop: role of superplumes in the Earth system from central core to the surface including evolution of life. Tokyo, Japan, 2002, p. 249—252.

Sobolev N.V., Lavrent'ev Y. G., Pokhilenko N.P., Usova L.V. Chrome-rich garnets from the kimberlites of Yakutia and their parageneses // Cont. Miner. Petrol., 1973, v. 40 (1), p. 39—52.

*Поступила в редакцию
26 марта 2009 г.*