

РОССЫПИ АЛМАЗОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ: ВОЗРАСТНЫЕ УРОВНИ И ВОЗМОЖНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Афанасьев В.П., Похиленко Н.П.

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН),
Новосибирск, Россия
avp-diamond@mail.ru*

Введение

Россыпи алмазов распространены по территории всей Сибирской платформы, а на северо-востоке платформы имеют экономическое значение и разрабатываются. Но коренные источники северо-восточных россыпей пока не обнаружены, и по этому поводу ведется острая дискуссия. Проблема заключается в том, что некоторые группы россыпных алмазов не вписываются в традиционную парадигму коренной кимберлитовой алмазоносности. Необходима выработка новой парадигмы, в которой будут учтены все имеющиеся данные по разнообразию россыпных алмазов и на этой основе разработана непротиворечивая система, интегрирующая эти данные. В представленной работе представлены первые результаты проекта ИГМ СО РАН по программе Президиума РАН, а также анализ сегодняшнего состояния проблемы и предложение нового подхода к интерпретации россыпной алмазоносности Сибирской платформы, основанного на гипотезе полигенности и полихронности алмазоносного магматизма.

Обсуждение состояния проблемы

В настоящее время в пределах Сибирской платформы россыпные алмазы обнаружены в отложениях следующих возрастных уровней:

- средний палеозой (в частности, турнейские прибрежно-морские гравелиты Кютюнгинского грабена на северо-востоке Сибирской платформы);
- верхний палеозой (широко распространены в районах коренной промышленной алмазоносности);
- ранний мезозой (триасовые прибрежно-морские отложения на северо-востоке платформы);
- средний-поздний мезозой (в районах коренной промышленной алмазоносности и по северо-востоку платформы);
- кайнозой (распространены наиболее широко по всей территории платформы, особенно в четвертичных отложениях).

Основным из известных коренных источников алмазов являются кимберлиты. Кроме них источником алмазов, но весьма специфических, служат импактиты Попигайской астроблемы на северо-востоке Сибирской платформы [4, 6, 7, 8, и др.]. Известно также Ингашинское поле алмазоносных лампроитов рифейского возраста в Восточном Саяне [14, 15]. Но именно кимберлиты являются основным объектом промышленной эксплуатации и объектом поиска.

Всего на Сибирской платформе найдено более тысячи кимберлитовых тел трех возрастных уровней – среднепалеозойского (позднедевонского), триасового и юрско-мелового. Промышленную алмазоносность имеют только среднепалеозойские кимберлиты; из триасовых лишь трубка Малокуонапская имеет близкую к промышленной алмазоносность, а юрско-меловые - практически не алмазоносны.

Большинство кимберлитовых тел найдено на северо-востоке платформы и это, главным образом, неалмазоносные или убогоалмазоносные мезозойские кимберлиты. Соответственно, они не могли служить источниками богатых россыпей данного

региона. Кроме того, минералогические критерии алмазности Н.В. Соболева [16, 20, 22] также не показывают наличие здесь высокопродуктивных кимберлитов. Наконец, третье обстоятельство связано с наличием в россыпях групп алмазов, совершенно отсутствующих в кимберлитах известных не только на Сибирской платформе, но и в других алмазных регионах – это алмазы V-VII разновидности по классификации Ю.Л. Орлова, а также групп алмазов, доля которых в россыпях значительно выше, чем в известных на сегодняшний день кимберлитах – округлых додекаэдров «уральского» или «бразильского» типов и кубовидов II разновидности по Ю.Л. Орлову [10].

Три этих обстоятельства указывают на высокую реальность существования на северо-востоке платформы высокопродуктивных коренных источников указанных групп алмазов, причем можно предполагать либо необычные кимберлиты, либо неизвестные типы коренных источников, специализированные по указанным группам алмазов. Для выполнения данной работы нами совместно с АК «АЛРОСА» подготовлена база данных по алмазам Сибирской платформы, включающая все задокументированные находки алмазов с начала алмазопроисловых работ в конце 40-х годов прошлого века.

Результаты исследований

Сравнение комплексов россыпных алмазов северо-востока Сибирской платформы с алмазами продуктивных кимберлитов позволяет выделить в россыпях: 1 – алмазы, характерные для кимберлитов; 2 – экзотические разновидности алмазов, либо отсутствующие в кимберлитах, либо встречающиеся в кимберлитах в несопоставимо меньших пропорциях. В свою очередь, последние по особенностям пространственного распределения подразделяются еще на три типа [3]. Соотношение выделенных типов сильно различается по территории платформы, однако уже давно отмечено (см., в частности [9]) и подтверждено результатами минералогического картирования [3], что кимберлитовый тип алмазов концентрируется в центральной части платформы, тогда как экзотические разновидности тяготеют к окраинам.

Всего в россыпях северо-востока Сибирской платформы можно выделить пять предположительно независимых групп алмазов. Ниже дана краткая характеристика выделенных типов алмазов и их распределение на Сибирской платформе.

1. Алмазы кимберлитового типа. Дать общую характеристику алмазов из кимберлитов сложно из-за их полигенеза, на который обращал внимание еще Ю.Л. Орлов [11]. В наиболее общем виде **для них свойственно** резкое преобладание алмазов I разновидности по классификации Ю.Л. Орлова [10], представленных кристаллами октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного между ними габитуса, образующими непрерывный ряд кристаллов с ламинарным строением граней, что свидетельствует о преимущественно ростовых элементах морфологии кристаллов; присутствует небольшое количество додекаэдров, как форм глубокого растворения в магматическом расплаве, с “шагренью” и полосами пластической деформации, имеются в незначительных количествах серые кубовиды III разновидности, поликристаллические образования VIII разновидности, редко встречаются желтые кубовиды II разновидности. В данном типе резко преобладают алмазы ультраосновных парагенезисов с мантийным изотопным составом углерода ($\sigma^{13}\text{C} = - (3-9 \text{ ‰})$), алмазы эфолитовых парагенезисов играют подчиненную роль как в кимберлитах, так и в связанных с ними россыпях, и имеют более широкий диапазон изотопного состава углерода.

Для кимберлитового типа алмазов **не характерны** округлые скрытоламинарные додекаэдровиды с частотой встречаемости более 10-20%, кубовиды II и III разновидностей в количестве более 3-5%, полностью отсутствуют алмазы VI

разновидности (балласы), V-VII разновидности, карбонадо X разновидности и импактные алмазы XI разновидности.

Минералогическое картирование показывает, что кимберлитовые алмазы распространены по всей Сибирской платформе, но площадь их максимальных концентраций охватывает центральную часть платформы в районе известных промышленных кимберлитовых полей. Заметный максимум расположен в пределах Красноярского края (Тычанский алмазоносный район, где прогнозируются продуктивные среднепалеозойские кимберлиты). Незначительный максимум неясной природы располагается к запад-юго-западу от Мирнинского кимберлитового поля в пределах юго-восточной окраины Тунгусской синеклизы; его обуславливают алмазы из аллювия реки Тетя, найденные в конце 40-х – начале 50-х годов прошлого века. Два локальных максимума расположены на севере; один из них связан с районом Кютюнгинского грабена, где прогнозируется продуктивное среднепалеозойское кимберлитовое поле [21], второй располагается к востоку от Мерчимденского кимберлитового поля.

2. Округлые (скрытоламинарные) алмазы додекаэдрического габитуса [18] как формы глубокого растворения в магматическом расплаве так называемого “бразильского” или “уральского” типов с переменным, но часто повышенным количеством алмазов эклогитовых парагенезисов. Кристаллы обычно имеют признаки повышенного механического износа, связанного с прибрежно-морскими условиями формирования россыпей. В кимберлитовых телах фанерозойского возраста Сибирской платформы доля подобных кристаллов обычно менее 20%. В кимберлитовых телах с повышенным уровнем алмазоносности доля кристаллов «уральского-бразильского» типа снижается до 10% и менее.

Распределение округлых алмазов альтернативно распределению кимберлитовых алмазов, т.е. кимберлитовые алмазы и округлые додекаэдроиды ведут себя как антагонисты. Количество округлых алмазов минимально в центральной части Сибирской платформы на площади развития известных продуктивных среднепалеозойских кимберлитов. Яркий максимум расположен в Иркутской области с постепенным затуханием на север. Интересно, что ряд локальных максимумов располагается на траппах Тунгусской синеклизы, а также окаймляет Тычанский район распространения кимберлитовых алмазов с севера. Повышенные переменные количества округлых алмазов распространены на северо-востоке платформы с максимумами в районе Анабарского щита и Оленекского поднятия.

3. Желто-оранжевые, зеленые кубоиды II разновидности по Ю.Л. Орлову с изотопным составом “промежуточного” типа ($\sigma^{13}\text{C}$ в среднем $-13,6\text{‰}$ [3]), в небольшом количестве встречающиеся в кимберлитах, однако широко распространенные в россыпях северо-востока Сибирской платформы. Эти алмазы распространены без четких закономерностей, образуя лишь две контрастные локальные аномалии. Небольшое количество кубоидов встречается в других местах Сибирской платформы, не определяя в целом характер ассоциаций алмазов. Поэтому можно сделать вывод, что именно северо-восток платформы специализирован по кубоидам и это главным образом кубоиды II разновидности, описанные Ю.Л. Орловым [10].

4. Алмазы V и VII разновидностей по Ю.Л. Орлову. Алмазы этих разновидностей легко выделяются в комплексах алмазов из россыпей северо-востока Сибирской платформы благодаря физиографической специфике и схожестью между собой: это кристаллы октаэдрического габитуса (редко) или их сростки, а также формы растворения - додекаэдроиды и переходные формы между октаэдрами и додекаэдроидами (часто); кристаллы переполнены черными хлопьевидными включениями (графит по стенкам уплощенных вакуолей с флюидами); на кристаллах

развиты шрамы и щели травления по выведенным на поверхность в процессе магматического растворения вакуолям [2]. Данные алмазы очень широко распространены в россыпях северо-востока платформы, составляя местами до половины и более продукции россыпей, что свидетельствует о высокой алмазоносности и больших масштабах коренных источников. Эти алмазы распространены только на северо-востоке Сибирской платформы, где образуют ряд локальных аномалий по восточному обрамлению Анабарского щита, в районе Оленекского поднятия и в центральной части площади. Южнее реки Муна эти алмазы практически исчезают.

5. Импактные алмазы «якутиты». Распространены только по северо-востоку платформы в окрестностях Попигайской астроблемы и являются продуктами ее дальнего закратерного выброса в момент импактного события [4]. Яркая аномалия якутитов в нижнем течении реки Лена свидетельствует не столько о скоплении этих алмазов, сколько об отсутствии здесь других типов алмазов. Максимальное расстояние, на котором найдены якутиты за пределами Попигайского кратера, превышает 500 км. Может сложиться впечатление, что якутиты распространены только в восточных румбах от Попигайской астроблемы. В действительности это не так. Нужно учитывать, что якутиты были найдены впервые при обогащении россыпи реки Эбелях на обычные алмазы и впоследствии их находили только как попутный материал при обогащении россыпей на обычные алмазы. Соответственно, там, где такое опробование не проводилось, а это главным образом территория севера Красноярского края к западу от Попигайской астроблемы, бесперспективная на россыпную алмазоносность, якутиты не найдены, хотя они там должны быть.

Возраст и тип коренных источников алмазов

Комплекс кимберлитовых алмазов в россыпях идентифицируется со среднепалеозойскими кимберлитами Сибирской платформы; более молодые кимберлиты триасового и юрско-мелового возраста не алмазоносны или убогоалмазоносны и не давали существенного вклада в россыпную алмазоносность. Соответственно, первые поступления кимберлитовых алмазов в россыпи связаны с эрозией кимберлитов в фамене.

Возрастные уровни вплоть до позднего триаса стерильны в отношении экзотических групп алмазов, т.е. россыпеобразование с момента появления кимберлитов в начале фамена осуществлялось только за счет кимберлитов. Экзотические типы алмазов (2, 3, 4) в массовом количестве появляются в позднем триасе в карнийских прибрежно-морских отложениях по северо-востоку платформы в сопровождении подчиненного количества кимберлитовых алмазов совместно с индикаторными минералами кимберлитов (пиропы, пикроильмениты, незначительное количество хромитов). Индикаторные минералы из карнийского коллектора мы достоверно связываем с триасовыми (докарнийскими) кимберлитами. Указанием на это служит полное отсутствие признаков гипергенной коррозии пиропов из карния, тогда как для пиропов из россыпей, связанных со среднепалеозойскими кимберлитами, она очень характерна, поскольку пиропы прошли позднедевонскую-раннекарбонную латеритную кору выветривания. Хотя индикаторы из среднепалеозойских кимберлитов за счет неоднократного переотложения заражают отложения всех возрастных уровней вплоть до современных, в карний они не попали, что не удивительно, поскольку практически всюду закартированный карний залегает на неразмытой перми, из чего следует, что он не мог питаться индикаторами среднепалеозойских кимберлитов из верхнепалеозойских отложений. Присутствие в некоторых пробах из триасовых коллекторов небольшого количества гранатов алмазной ассоциации указывает на незначительную потенциальную алмазоносность триасовых кимберлитов, что и подтверждается присутствием подчиненного количества алмазов кимберлитового типа

в триасовых отложениях. Карнийский коллектор индикаторов и алмазов имеет прибрежно-морской генезис и попадание в него индикаторных минералов и кимберлитовых алмазов связывается с эрозией кимберлитов в пределах прилегающей суши.

Наиболее сложен вопрос источников и путей попадания в верхнетриасовые отложения экзотических групп алмазов. Популярна гипотеза, что эти алмазы поступают из тех же триасовых кимберлитов, указанных выше. Но эти кимберлиты должны быть весьма продуктивными и значительно эродированными, чтобы заразить специфическим комплексом алмазов не только триасовые коллекторы, но и все более молодые на огромной территории северо-востока платформы (около 400 000 км²), где они распространены [3]. Такие кимберлитовые тела «кричали» бы о себе, по образному выражению Г.Х. Файнштейна. В то же время большое количество найденных и находимых триасовых и более молодых кимберлитовых тел либо совершенно не алмазоносны, либо содержат небольшое количество типичных кимберлитовых алмазов, которые не в состоянии влиять на россыпную алмазоносность. Поэтому предположение о кимберлитовом источнике экзотических алмазов представляется нам мало вероятным.

С.А. Граханов представляет карнийские отложения как некие «туффиты» - коренные источники всего комплекса алмазов, включая экзотические, а также всего комплекса глубинных минералов – пиропов, пикроильменитов, хромитов, оливинов, хромдиопсидов [5]. Между тем, последние имеют типичные признаки происхождения из кимберлитов и отнесение их к «туффитам» полностью произвольно. При этом порода имеет типичные признаки мелководных прибрежно-морских осадков с фаунистическими и флористическими остатками, а петрохимия показывает основной состав, далекий от признаков алмазоносных пород. Поэтому и данную гипотезу мы считаем мало вероятной.

Для выработки убедительной гипотезы в отношении экзотических групп алмазов необходимо увязать в непротиворечивую систему всю совокупность имеющихся данных по минералогии алмазов и глубинных минералов, геологии, палеогеографии, истории геологического развития северо-востока платформы. Укажем некоторые важные обстоятельства, которые необходимо учитывать при формулировке генетических гипотез, и выскажем некоторые предположения исходя из аналогий.

Важнейшим фактором, который нельзя игнорировать при выработке гипотез генетического характера, является повышенная степень механического износа всех трех экзотических групп алмазов на территории северо-востока, причем алмазы V-VII разновидности могут быть полностью овализованы, т.е. окатаны до шариков. При этом они ассоциируют в россыпях с индикаторными минералами кимберлитов (пиропами, хромитами и пикроильменитами) главным образом из среднепалеозойских кимберлитов, судя по признакам гипергенной коррозии в латеритной коре выветривания. Между тем, наши последние экспериментальные исследования механического износа алмазов совместно с индикаторными минералами кимберлитов показали, что при появлении очень слабых признаков механического износа на алмазах пикроильменит уничтожается полностью, а пироп окатывается до шариков и теряет более половины исходного веса. Экстраполируя эти данные можно предполагать, что при повышенном износе алмазов индикаторные минералы будут уничтожены полностью. Для рассматриваемого региона налицо противоречие между повышенным износом экзотических групп алмазов и наличием полиминеральной смеси индикаторных минералов кимберлитов. Данное противоречие указывает на разную седиментологическую историю алмазов и индикаторов кимберлитов и происхождение индикаторов и алмазов из разных коренных источников разного возраста. При этом

износ алмазов происходил ранее попадания в сферу седиментогенеза индикаторов кимберлитов. Нижний палеозой Сибирской платформы на большей части территории представлен мягкими карбонатными породами, не обеспечивавшими условий для значительного износа алмазов. Поэтому износ приходится относить на докембрий, где он мог осуществляться в прибрежно-морских условиях на жестком ложе метаморфических или магматических пород в соответствующей жесткой абразивной среде. Если так, то необходимо найти пути попадания экзотических алмазов в более молодые россыпи. На наш взгляд, это могло происходить при размыве докембрийских коллекторов алмазов на выступах фундамента – Анабарском щите, Оленекском поднятии, погребенном сейчас Нижнеленском выступе по мере их воздымания, которое началось с конца палеозоя – начала мезозоя.

В противоположность экзотическим типам алмазов алмазы кимберлитового типа в россыпях или не имеют признаков износа, или они минимальные, например как в раннекарбонатных гравелитах Кютюндинского грабена. В этом отношении кимберлитовые алмазы и индикаторные минералы кимберлитов полностью согласуются между собой по седиментологической истории.

Таким образом, вся совокупность алмазов, характерная для северо-востока платформы, делится на две самостоятельные группы: а) кимберлитовые; б) экзотические. Предположить характер коренных источников для последних трудно. Можно лишь высказать некоторые соображения. Во-первых, в эту группу входят три типа алмазов: округлые додекаэдрониды, алмазы V-VII разновидности по Ю.Л. Орлову и алмазы II разновидности, имеющие независимое распределение [3] и потому, вероятно, доминирующие в своих типах коренных источников. Для округлых додекаэдронидов в качестве коренного источника можно предположить лампроиты по аналогии с Ингашинским полем лампроитов рифейского возраста в Восточном Саяне [14, 15], в которых преобладают додекаэдрониды. Необходимо отметить, что в россыпях Восточного Саяна, в частности по реке Ингашет – притоке Бирюсы, также доминируют додекаэдрониды, причем все с явными признаками повышенного механического износа, а также другими признаками «древности» [9] в форме ромбической сеточки и серпообразных микротрещинок, являющихся визуализированными следами ударов. При этом алмазы не сопровождаются глубинными минералами – индикаторами коренных пород, так как минералы уничтожены истиранием при формировании древней россыпи, за счет размыва которой алмазы попали в современные речные отложения. Округлые додекаэдрониды преобладают также в рифейской лампроитовой трубке Маджгаван в Индии.

Для алмазов V-VII и II разновидностей тип коренного источника по аналогии предположить не удастся. Можно лишь отметить, что оба типа алмазов имеют облегченный изотопный состав углерода ($\sigma^{13}\text{C}$ в среднем $-22,2\text{‰}$ для V и $-20,9\text{‰}$ для VII разновидностей, $-13,6\text{‰}$ для II разновидности [3]), что наряду с признаками быстрой кристаллизации и характера включений указывает на субдукционный генезис данных алмазов. Тип коренного источника для таких алмазов может быть самый разный – кимберлиты, лампроиты, иные типы пород. К тому же не установлены достоверно индикаторные минералы, связанные с данными алмазами. Поэтому тип коренных источников для этих алмазов мы характеризуем как неизвестный.

Возраст коренных источников экзотических типов алмазов, как показано выше, мы предполагаем докембрийским. К сожалению, выявилось осложнение данного вопроса. Определение абсолютного возраста алмаза VII разновидности, проведенное А.М. Агашевым [1] уран-свинцовым методом по включению рутила в алмазе дало возраст 356 ± 54 млн. лет. Данная датировка противоречит выше приведенным аргументам, но

не снимает их. Поэтому вопрос возраста мы не считаем возможным закрыть, необходимы дальнейшие исследования в данном направлении.

Таким образом, в формировании россыпной алмазности Сибирской платформы прослеживаются два тренда: один начинающийся с фамена и связанный со среднепалеозойскими кимберлитами, и второй начинающийся с карния и связанный с поступлением в сферу седиментогенеза экзотических групп алмазов из неизвестных пока типов коренных источников и их возраста. Мы предполагаем докембрийский возраст коренных источников экзотических алмазов и поступление этих алмазов предположительно из размывающихся докембрийских прибрежно-морских россыпей в пределах воздымающихся Анабарского щита и Оленекского поднятия, а также с погребенного в настоящее время Нижнеленского выступа докембрия. Развитие этих трендов связано с последовательным размывом более ранних коллекторов и переотложением алмазов в более молодые коллекторы; соответственно с позднего триаса эти тренды пересеклись и далее мы имеем всю полигенную и полихронную смесь алмазов.

Индикаторные минералы кимберлитов северо-востока Сибирской платформы

Практически повсюду на северо-востоке Сибирской платформы алмазы в россыпях сопровождаются индикаторными минералами кимберлитов – пиропами, хромитами, пикроильменитами, реже – другими глубинными минералами. Не возникает сомнений в том, что эти минералы связаны с фанерозойскими кимберлитами. При этом именно для северо-востока платформы характерно наличие и пространственное совмещение полихронного кимберлитового магматизма – как среднепалеозойского, так и мезозойского (триасового и юрско-мелового). Кимберлиты разного возраста различаются по составу индикаторных минералов, в первую очередь граната, что отражает разное строение и состояние литосферы на период формирования кимберлитов и, соответственно, потенциальную алмазность кимберлитов. Химический состав гранатов из среднепалеозойских кимберлитов наиболее разнообразен и отражает максимальное разнообразие парагенезисов гранатов в кимберлитах (диаграмма Н.В. Соболева в координатах $\text{CaO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$, [16], рис. 1а). Основная масса гранатов принадлежит лерцолитовым парагенезисам, распределение их составов вытянуто вдоль соответствующего поля. На диаграмме также отражены дунит-гарцбургитовые (ниже лерцолитового поля), верлитовые (выше лерцолитового поля) гранаты. Диаграмма специализирована в большей мере на ультраосновные парагенезисы, поэтому эклогитовые низкохромистые не дискриминируются на этой диаграмме и точки их составов тяготеют к оси CaO . Выделено также поле гранатов алмазного парагенезиса, куда попадают высокохромистые субкальциевые гранаты, по составу соответствующие включениям в алмазах ультраосновных парагенезисов; эклогитовые алмазные парагенезисы на этой диаграмме не отражаются.

Триасовые кимберлиты в определенной степени наследуют распределение составов гранатов, характерное для среднепалеозойских кимберлитов, однако доля в них субкальциевых хромистых пиропов из потенциально алмазоносных деплетированных гарцбургит-дунитов, равно как и высококальциевых гранатов верлитового парагенезиса несравненно меньше, что хорошо видно на диаграммах составов в координатах $\text{CaO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$ (рис. 1б).

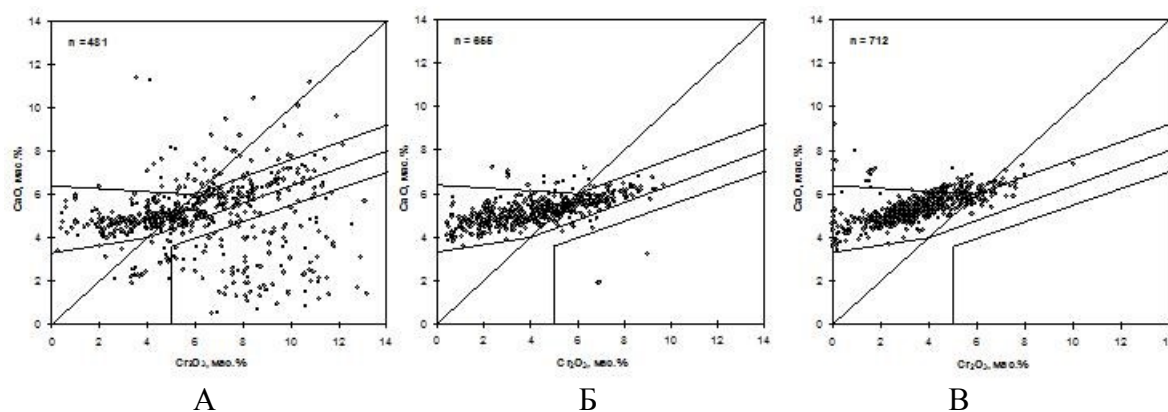


Рис. 1. А - трубки Удачная, Айхал, Зимняя (средний палеозой); б - трубки Эвенкийская, Университетская, Малокуонапская (триас), в - трубки Обнаженная, Второгодница, Оливиновая, Ирина (юра)

Юрско-меловые кимберлиты имеют значительно отличающееся распределение составов гранатов (рис. 1в), поскольку мощный глубинный метасоматоз в мезозое переработал основание литосферы и изменил характер гранатсодержащих пород [21]. Гранаты из этих трубок главным образом малохромистые и относятся к вторично обогащенным малоглубинным лерцолитам и пироповым пироксенитам, образовавшихся за счет интенсивной метасоматической проработки агентами базитового типа [12, 13]. Кимберлиты не алмазоносны из-за сокращения мощности литосферы и ее метасоматической переработки, окислившей алмазы при общем повышении потенциала кислорода. Следовательно, юрско-меловые кимберлиты отличаются по химизму гранатов от среднепалеозойских и триасовых.

Основные перспективы коренной алмазоносности на Сибирской платформе связываются со среднепалеозойскими кимберлитами. Их присутствие на северо-востоке платформы достоверно обосновывается по наличию в россыпях гранатов, глубоко корродированных в латеритной коре выветривания позднедевонского возраста (коры выветривания более позднего времени не имели латеритного характера и не оставили на гранатах признаков выветривания). Между тем, доля кимберлитовых алмазов в изученных россыпях невелика, что может быть связано либо с незначительной величиной эрозионного среза их коренных источников, либо с низкой алмазоносностью большинства среднепалеозойских кимберлитов. Потенциальная алмазоносность кимберлитов отражается в минералогических критериях алмазоносности, на основе которых выделяются гранаты, по составу соответствующие алмазоносным парагенезисам [16, 20]. Исследование составов десятков тысяч гранатов из россыпей северо-востока Сибирской платформы показывает, что доля «алмазных» пиропов также невелика. Исключение составляет район Кютюнгдинского грабена, где в турнейских прибрежно-морских отложениях локализованы исключительно кимберлитовые алмазы, и по критерию алмазоносности прогнозируются высокопродуктивные кимберлитовые тела. В последнее время повышенные содержания «алмазных» пиропов установлены в популяциях гранатов из русловых отложений средней части бассейна р. Куойка, восточнее Уджинского поднятия. Именно эти районы представляют интерес в практическом плане.

Дополнительным критерием потенциальной алмазоносности среднепалеозойских кимберлитов северо-востока платформы служит архейский возраст кристаллического фундамента. С использованием LAM-ICPMS (Университет Маккуори, Австралия) было проведено U-Pb датирование коровых цирконов из концентрата тяжелой фракции

кимберлитов Куойкского поля. В результате проведенных исследований установлено, что 8% исследованных цирконов имеют архейский возраст ($>2,5$ млрд. лет). Древнейший из этих цирконов имеет возраст 2,8 млрд. лет. Полученные результаты свидетельствуют об архейском возрасте фундамента Биректинского террейна. До настоящего времени считалось, что фундамент террейна был сформирован в палеопротерозое, самые древние датировки не превышали 2,4 млрд. лет. Полученные результаты имеют важное значение: в соответствии с правилом Клиффорда алмазонасные кимберлиты локализуются в пределах архейских кратонов (террейнов).

Таким образом, новые данные о возрасте фундамента Биректинского террейна в соответствии с правилом Клиффорда свидетельствуют о возможности обнаружения алмазонасных кимберлитов на северо-востоке Сибирской платформы, в том числе в бассейнах рек Куойка, Беенчима и к северу от них.

По результатам U/Pb датирования цирконов кимберлитового облика из аллювия рек севера Якутской алмазонасной провинции и гравелитов карнийского яруса триаса (участок Булкур, низовье р. Лена) можно сделать следующие выводы об истории развития и источниках сноса кимберлитового материала. Преобладающее большинство цирконов из аллювия рек севера ЯАП имеют юрский возраст (рис. 2). Распределения возрастов юрских цирконов указывают на три цикла активности кимберлитового магматизма в течении юрского времени, с преобладающим этапом около 170-175 млн. лет, который проявлен во всех изученных объектах. Главным тектоническим процессом, определяющим поступление кимберлитового материала в современный аллювий рек севера Сибирской платформы, является восходящее движение земной коры в районе Оленекского поднятия. Сопутствующая эрозия обеспечивает поступление кимберлитового материала во все стороны от Оленекского поднятия, включая Прианабарье. Даже в россыпи реки Эбелях, где ближайшие кимберлитовые тела имеют триасовый возраст, преобладают цирконы юрского возраста.



Рис. 2. Суммарный график распределения U/Pb возрастов цирконов по всем изученным объектам севера Сибирской платформы. По горизонтали – возраст, млн. лет, по вертикали – количество изученных зерен.

В триасовое время главным тектоническим процессом, определяющим снос кимберлитового материала на севере Сибирской платформы, было поднятие в районе Анабарского щита. Сопутствующая ему эрозия обеспечила масштабный снос кимберлитового материала преимущественно в северном и восточном направлениях, о чем свидетельствует резкое преобладание цирконов триасового возраста в гравелитах участка Булкур, относящихся к карнийскому ярусу триаса, расположенного на северной окраине Сибирской платформы. В пределах Оленекского поднятия кимберлиты

триасового возраста на данное время пока не обнаружены, но, принимая во внимание слабую изученность кимберлитов этого района (за исключением Бенчима-Куойского поля), присутствие в этом регионе кимберлитов триасового возраста нельзя исключить на данном этапе исследований.

Во всех изученных объектах отсутствуют цирконы продуктивного среднепалеозойского (девонского) цикла кимберлитового магматизма, который проявлен на юге ЯАП, ее центральной части, а также ряде северных районов (Средне-Оленекский район, территория Кютюнгинского прогиба и его обрамления). Это позволяет сделать вывод о том, что алмазы северных россыпей и карнийского яруса триаса имеют местный источник, и поступления кимберлитового материала с юга ЯАП на север, а также из прогнозируемых алмазоносных кимберлитов района Кютюнгинского прогиба в последевонское время не было.

В аллювии рек Муна, Чимидикян и Молодо а также в гравелитах карнийского яруса обнаружены единичные цирконы пермского возраста, всего 5 зерен. Этот результат позволяет предполагать присутствие на Сибирской платформе кимберлитов пермского цикла внедрения, ранее неизвестных для платформы. Кроме того, в популяции цирконов из гравелитов участка Булкур (карнийский ярус триаса) присутствуют цирконы возраста границы перми и триаса, чуть (~7 млн. лет) древнее возраста внедрения Сибирских траппов. Возможно, кимберлиты именно этого этапа магматизма являются источником алмазов в гравелитах карнийского яруса, развитых на северо-восточной окраине Сибирской платформы.

Выводы

Полученные результаты показывают высокую перспективность обнаружения на северо-востоке Сибирской платформы коренных месторождений алмазов кимберлитового типа. Вместе с тем, для алмазов экзотических типов вероятность обнаружения коренных источников мала и за ними остаются перспективы россыпной алмазоносности.

Литература

1. В.П. Афанасьев, А.М. Агашев, Ю. Орихаши, Н.П. Похиленко, Н.В. Соболев. *Докл. РАН*, 2009, **428**, № 2, 228-232.
2. В.П. Афанасьев, А.П. Елисеев, В.А. Надолинный, Н.Н. Зинчук, В.И. Коптиль, Г.М. Рылов, А.А. Томиленко, С.В. Горяйнов, О.П. Юрьева, В.М. Сонин, А.И. Чепуров. *Вестн. Воронежского гос. университета, Геология*, 2000, **10**, 5, 79-97.
3. В.П. Афанасьев, С.С. Лобанов, Н.П. Похиленко, В.И. Коптиль, С.И. Митюхин, А.В. Герасимчук, Б.С. Помазанский, Н.И. Горев. *Геология и геофизика*, 2011, **52**, № 3, 335—353.
4. С.А. Вишневский, В.П. Афанасьев, К.П. Аргунов, Н.А. Пальчик. *Изд. СО РАН, НИЦ ОИГГМ, Новосибирск*, 1997, 53 с.
5. С.А. Граханов, А.П. Смелов, К.Н. Егоров, Ю.К. Голубев. *Отечественная Геология*, 2010, **5**, 3-12.
6. В.Л. Масайтис, М.А. Гневушев, С.И. Футергендлер. *Зап. ВМО*, 1972, **101**, 108-112.
7. В.Л. Масайтис, М.С. Мащак, А.И. Райхлин, Т.В. Селивановская, Г.И. Шафрановский. *Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ*, 1998, 179 с.
8. В.Л. Масайтис, Г.И. Шафрановский, И.Г. Федорова. *Зап. ВМО*, 1995, **124**, №4, 12-18.
9. М.П. Метелкина, Б.И. Прокопчук, О.В. Суходольская, Е.В. Францессон. *М.: Недра*, 1976, 134 с.
10. Ю.Л. Орлов. *М.: Наука*, 1973, 223 с.

11. Ю.Л. Орлов. *Изв. АН СССР, Сер. геол.*, 1977, **11**, 64—73.
12. Н.П. Похиленко, А.М. Агашев, К.Д. Литасов, Л.Н. Похиленко. *Геология и геофизика*, 2015, **56**, 271-286.
13. Н.П. Похиленко, Н.В. Соболев, С.Д. Черный, С.И. Митюхин, Ю.Т. Яныгин. *Докл. РАН*, 2000, **372**, 356-360.
14. А.П. Секерин, Ю.В. Меньшагин, В.А. Лашенов. *Докл. АН*, 1993, **329**, №3, 328-331.
15. А.П. Секерин, Ю.В. Меньшагин, В.А. Лашенов. *Докл. АН*, 1995, **342**, №1, 82-86.
16. Н.В. Соболев. *Геология и геофизика*, 1971, **3**, 70-80.
17. Э.А. Шамшина. Новосибирск: Наука, 1979, 151 с.
18. И.И. Шафрановский. Львов: Изд. ЛГУ, 1948, 131с.
19. N.P. Pokhilenko. *Deep seated magmatism, its sources and plumes. Proc. 8th Intern. Workshop, IG Publ. House, Irkutsk*, 2008, 43-54.
20. N.P. Pokhilenko, N.V. Sobolev. *Kimberlites of Yakutia. Field Guide Book, 6th Intern. Kimberlite Conf., UIGGM RAS, Novosibirsk*, 1995, 79-81.
21. N.P. Pokhilenko, N.V. Sobolev, S.S. Kuligin, N. Shimizu. *Proc. of the 7th Int. Kimberlite Conf.*, 1999, **2**, 689-698.
22. N.V. Sobolev, Yu.G. Lavrentiev, N.P. Pokhilenko, L.V. Usova. *Contrib. Miner. Petrol.*, 1973, **40**, 39-52.