

Перспективы алмазности Лено-Анабарского междуречья севера Якутской алмазной провинции

А.М.ХМЕЛЬКОВ, Э.А.ВЛАСОВА (Вилуйская геологоразведочная экспедиция АК «АЛРОСА» (ПАО); 678170, Республика Саха (Якутия), г. Мирный, ул. Ленина, 6)

Выполнен обзор и анализ поисковых обстановок отдельных площадей Лено-Анабарского междуречья Якутской алмазной провинции. Оценены перспективы данной территории на коренную и россыпную алмазность. Высказаны некоторые рекомендации по направлению дальнейших работ в этом районе. Настоящая работа может оказать практическую помощь специалистам, занятым поисками и прогнозом алмазных месторождений в пределах севера провинции.

Ключевые слова: алмазы, россыпи, коллектор, минералы-индикаторы кимберлита, ореол, парагенезис.

Хмельков Александр Михайлович
кандидат геолого-минералогических наук



st_56@mail.ru

Власова Эльвира Александровна

KulaninaEA@alrosa.ru

Prospects of diamondiferousness Lena-Anabar interfluvium of north the Yakutian diamondiferous province

A.M.KHMELOV, E.A.VLASOVA (ALROSA (PJSC); Vilyuiskaya geological expedition)

A review and analysis of the search conditions individual areas Lena-Anabar interfluvium of the Yakutian diamondiferous province is carried out. Prospects of this territory for primary and placer diamondiferous are estimated. Some recommendations were made for further work in this region. This work can provide practical assistance to specialists engaged in the search and forecasting of diamond deposits within north of the province.

Key words: diamonds, placers, collector, kimberlite tracer minerals, halo, paragenesis.

Вопрос перспективности Лено-Анабарского междуречья (см. рисунок) на коренную алмазность актуален до сегодняшнего дня и будет волновать исследователей до тех пор, пока не решится проблема коренных источников россыпных алмазов северо-востока Сибирской платформы. Здесь известны многочисленные россыпи и россыпепроявления с повышенными содержаниями алмазов, достигающими 1–3 кар/м³, а в отдельных точках до 7–10 кар/м³ и более. Несмотря на многолетние усилия, коренные источники россыпных алмазов в данном районе до сих пор так и не обнаружены. Для россыпей Лено-Анабарского междуречья характерны алмазы так называемого «эбеляхского» («нижне-ленского» или «северного») типа [5, 7], представленные преимущественно типично округлыми додекаэдрами I разновидности с повышенным содержа-

нием кристаллов V–VII и II разновидностей [12]. По ряду своих типоморфных особенностей алмазы «эбеляхского» типа из россыпей Лено-Анабарского междуречья не соответствуют алмазам из известных кимберлитов Якутской алмазной провинции (ЯАП) [2]. Среди водотоков с повышенным содержанием алмазов, помимо рек с промышленными россыпями Анабарского алмазносного района, следует отметить такие как Молодо, Келимер, Уджа, Усунку, Улахан-Юеттээх и некоторые другие.

В период с 2007 по 2009 гг. сотрудниками Амакинской ГРЭ АК «АЛРОСА» проводились прогнозно-минерагенические исследования в бассейне нижнего течения р. Оленёк, включая непосредственно побережье моря Лаптевых. В процессе данных работ получены результаты, позволяющие по-новому оценить перспективы алмазности

окраинных территорий Сибирской платформы и выработать некоторые рекомендации по направлению дальнейших алмазопоисковых работ в пределах Лено-Анабарского прогиба и его ближайшего окружения. По результатам данных работ на левобережье нижнего течения р. Оленёк спрогнозировано новое Улахан-Юрэгское кимберлитовое поле (см. рисунок) среднемезозойского возраста (J_3-K_1) [18]. Установлена широкая проявленность алмазоносности в современном аллювии водотоков, в том числе в местах, казалось бы, крайне неблагоприятных для россыпобразования, – в поле сплошного развития перекрывающих толщ мелового возраста. При этом алмазоносность целого ряда водотоков установлена впервые, по некоторым из них алмазы присутствуют в повышенных концентрациях, достигающих 3–4 кар/м³ (р. Хастах). Полученные положительные результаты ставят вопрос о необходимости нового подхода и современной оценки перспектив коренной и россыпной алмазоносности обширных территорий Лено-Анабарского междуречья, включая плечевые зоны Лено-Анабарского и Приверхоянского прогибов. Приоритетными для исследований являются территории в пределах границ смены разновозрастных отложений, особенно на стыке отложений триас–юра и юра–мел на всём отрезке от Анабарского щита до Приверхоянского прогиба, включая отдельные территории последнего. Представляется, что данные исследования должны первоначально нести геолого-минерагеническую и ревизионно-поисковую направленность. Оценка перспектив территории должна включать и анализ обширных площадей на предмет проявления продуктивного «молодого» (мезозойского) кимберлитового магматизма (T_{2-3} и J_3-K_1 возрастов) в пределах плечевых зон Лено-Анабарского прогиба, особенно на стыке отложений T_2-T_3 , T_3-J_1 и J_3-K_1 . Имеющиеся данные по алмазоносности кимберлитов различного возраста и мезозойским вторичным коллекторам алмаза северо-востока Сибирской платформы свидетельствуют в пользу того, что алмазоносными могут быть не только среднепалеозойские кимберлитовые трубки, но и мезозойские тела. Однако на сегодня все алмазопоисковые работы в пределах ЯАП направлены практически исключительно на поиски продуктивного кимберлитового магматизма среднепалеозойского возраста как единственно возможной промышленно алмазоносной эпохи. При этом существенная доля в мировой добыче

алмазов из коренных источников связана именно с мезозойскими кимберлитами (по оценкам, до 70–80%).

Вопрос проведения алмазопоисковых работ на площадях развития мезозойских отложений, включая территории развития отложений как юрского, так и мелового возраста, приобретает всё большую актуальность. Центральные части Лено-Анабарского прогиба требуют более качественной оценки их перспектив на россыпную алмазоносность. Это касается всех относительно крупных водотоков в пределах прогиба. Данные территории являются слабоизученными. С планомерными поисковыми работами в эти районы в последние десятилетия не выходили, считая их малоперспективными, так как большая часть данных обширных площадей является перекрытой по отношению к кимберлитовому магматизму любого возраста, достоверно установленного в пределах Сибирской платформы. По результатам поисковых и тематических работ прошлого столетия в пределах Лено-Анабарского прогиба просматривается любопытная закономерность. Повышенные концентрации кимберлитовых минералов и алмазов в современной гидросети встречаются начиная от границы отложений юры и нижнего мела и далее непосредственно в пределах последних. Такие участки с повышенными концентрациями МИК отмечаются по правым притокам р. Уджа (реки Чюемпе-Юряге, Бижир и др.), в верховьях р. Уеле (реки Кангаласс-Уеле, Арах-Билире и др.), в бассейне р. Салга, в верхнем течении р. Буолкалах (Лено-Анабарский прогиб), а также в бассейнах р. Эйкеит и верхнего течения р. Элитийэ (Приверхоянский прогиб). К сожалению, качественные характеристики кимберлитовых минералов, включая их сохранность по шкале износа первичных поверхностей [16, 17], не изучались, поэтому спрогнозировать степень их удаления от коренных источников не представляется возможным.

Вероятно, что в настоящее время мы не всё знаем о приоритетных эпохах проявления кимберлитового магматизма в пределах ЯАП. Вполне возможно, что в пределах её окраинных частей могут быть ещё не выявленные мезозойские кимберлитовые поля «нестандартного» возраста. Анализ геолого-поисковой обстановки в пределах прогнозируемого Улахан-Юрэгского кимберлитового поля [18] позволяет предположить, что кимберлиты в пределах выделенной высокоперспективной площади могут или прорывать

отложения буолкалахской свиты и перекрываются осадками кигиляхской свиты нижнего мела, содержащими минералы прямого сноса, или же занимать положение непосредственно в разрезе кигиляхской свиты, перекрываясь осадками аналогичного возраста с МИК прямого сноса в верхней части разреза свиты. Вполне вероятно, что в разрезе нижнемеловых отложений в пределах плечевых зон Лено-Анабарского прогиба имеются промежуточные коллекторы, содержащие не только первичные ореолы МИК ближнего сноса, которые дренируются современной гидросетью, но и повышенные концентрации алмазов. Поэтому нельзя исключать вероятность обнаружения достаточно богатых россыпей в пределах современных границ краевых прогибов, аналогичных россыпям бассейна р. Эбелях.

Особое внимание при дальнейших исследованиях в пределах Лено-Анабарского междуречья должно быть уделено территориям, непосредственно примыкающим к прогнозируемому Улахан-Юрэгскому полю (см. рисунок), где выделены перспективные недостаточно изученные площади [18]. Одна из этих территорий охватывает площадь от р. Буолкалах на востоке до р. Анабар на западе и от истоков р. Буолкалах и правых притоков р. Уджа на юге (ориентировочно $71^{\circ}20'$) до Анабарской губы и побережья моря Лаптевых (мыс Мусс-Хая) на севере. Здесь распространены алмазоносные промежуточные коллекторы поздне триасового возраста (карнийский коллектор). В пределах данной обширной территории в процессе геолого-минерагенических исследований необходимо провести тщательный анализ поисковых обстановок с глубоким осмыслением всех ранее полученных результатов. На основе детальных исследований минерального вещества с помощью современного аналитического оборудования и качественного информационно-генетического анализа химических составов МИК можно будет сделать более достоверную прогнозную оценку территории с выделением локальных площадей, перспективных для дальнейших исследований.

Как уже отмечалось, россыпные алмазы северо-востока Сибирской платформы представлены преимущественно додекаэдроидными I разновидности, по Ю.Л. Орлову [12], (типичные округлые алмазы «бразильского» типа) и кристаллами V–VII разновидностей, в совокупности образующими ассоциацию алмазов «эбеляхского» типа. Алмазы V–VII разновидностей с аномально лёгким изотопным составом углерода характерны только

для северной части ЯАП и в других регионах Мира не встречаются. Эндемичность алмазов V–VII разновидностей свидетельствует в пользу их «местных» коренных источников, несмотря на то, что их интенсивные поиски на протяжении многих лет, к сожалению, так и не привели к желаемому результату. Из многочисленных литературных данных и отчётных материалов известно, что среди «северной» ассоциации алмазов присутствуют кристаллы как ультраосновного, так и эцлогитового парагенезиса, причём последний тип преобладает. Характерно, что практически все опубликованные данные именно по алмазам V–VII разновидностей свидетельствуют об эцлогитовом типе алмазообразующего субстрата. Однако эти особенности не противоречат их возможной связи с наиболее типичными коренными источниками – кимберлитами. На основании выявления аномально лёгкого изотопного состава углерода для большинства алмазов эцлогитового парагенезиса севера ЯАП высказывается гипотеза об их образовании за счёт субдукции вулканогенно-осадочных пород земной коры [10]. Примечательно, что минералы-индикаторы кимберлитов, в изобилии присутствующие в россыпях северо-восточной части ЯАП, не показывают, по минералогическому критерию Н.В. Соболева [13], перспектив алмазоносности их коренных источников – в большинстве случаев здесь практически отсутствуют зёрна алмазной ассоциации среди перидотитовых гранатов. Поэтому, выходя с работами на алмазы в северную часть ЯАП, хотим мы или нет, но придётся заниматься, в том числе, и проблемой алмазов V–VII разновидностей, широко распространённых на всём междуречье от Лены до Анабара, несмотря на их низкую экономическую привлекательность. Однако при этом следует учитывать то, что, помимо повышенного содержания дефектных кристаллов V–VII разновидностей (32,2–57,2%), так называемая «эбеляхская» или «нижне-ленская» ассоциация алмазов содержит весомую долю типично округлых алмазов «уральского» («бразильского») типа (от 24,4 до 60%), среди которых, как правило, большой процент ювелирных камней высокой стоимости. В качестве примера можно привести кимберлиты Архангельской провинции, в которых большинство алмазов представлены округлыми камнями при содержании V–VII разновидностей до 18–20%, которые хотя и отличаются от якутских россыпных алмазов по изотопному составу углерода, но, тем не менее, на долю

ювелирных камней в общей массе приходится более 60% алмазов. Поэтому, решая проблему коренных источников алмазов V–VII разновидностей, безусловно, удастся продвинуться и в решении проблемы округлых алмазов «бразильского» типа.

По мнению некоторых исследователей [8], отмечается идентичность алмазов V–VII разновидностей и типичных округлых алмазов I разновидности по комплексу морфологических, структурных, физических особенностей, изотопному составу углерода, характеру распределения в россыпях. Этим обосновывается, учитывая отсутствие данных алмазов в известных кимберлитовых телах, их принадлежность к одной генетической группе – из неизвестного типа коренных источников [1, 2]. Факты «родства» V и VII разновидностей с ювелирными кристаллами I разновидности, их совместная распространённость в россыпях и большой средний вес последних являются дополнительным обоснованием рентабельности и целесообразности продолжения поисков их коренных источников.

В настоящее время среди исследователей не существует единого мнения не только по генезису и возрасту алмазов «нижне-ленского» («эбеляхского») типа, но и по предполагаемому местонахождению их коренных источников. При их широком распространении от Лены до Анабара в нижнем течении р. Лена алмазы «нижне-ленского» типа, в отличие от эбеляхских россыпей, практически не несут признаков механического износа, особенно в поздне триасовом коллекторе. В этой связи высказываются предположения о том, что коренные источники алмазов V–VII разновидностей расположены в бассейне нижнего течения р. Лена [5], в том числе ответственные и за эбеляхские россыпи. Хотя меньший износ «ленских» алмазов по сравнению с «эбеляхскими» может быть обусловлен тем, что в нижнем течении р. Лена докембрийские толщи, с размывом которых отдельные исследователи связывают данные алмазы [2], были выведены на поверхность значительно позже. В бассейне р. Эбелях докембрийские источники алмазов могли вскрыться несколько раньше, в результате алмазы успели пройти через большее количество промежуточных коллекторов, приобретая и больший износ. Безусловно, данный вопрос требует выяснения. Однако по целому ряду факторов бассейны нижних течений рек Лена и Оленёк выглядят более предпочтительно по сравнению

с бассейном р. Эбелях. Для алмазов в бассейне нижнего течения р. Лена характерны отсутствие признаков износа, слабое ожелезнение камней, низкий средний вес кристаллов из верхнетриасовых отложений, присутствие среди пиропов перидотитового парагенезиса зёрен алмазной ассоциации (от 3 до 25%), повышенная алмазоносность базальных слоёв карнийских отложений (от 1 до 14 кар/м³) при отсутствии на гранатах признаков морского износа [14]. Всё это может указывать на относительную близость коренных источников.

По поводу возраста коренных источников алмазов «нижне-ленского» типа также существует несколько мнений. Некоторые исследователи настаивают на триасовом возрасте этих коренных источников, основываясь на том, что наиболее древним коллектором с данными алмазами являются прибрежно-морские осадки карнийского яруса позднего триаса [3]. В более молодых осадках данные алмазы присутствуют практически во всех возрастных и генетических типах отложений. По мнению других исследователей, возраст алмазов «нижне-ленского» типа докембрийский [1, 2, 5, 6], учитывая присутствие в данной ассоциации повышенного содержания типично округлых разновидностей «бразильского» типа с набором признаков древности. При этом отсутствие алмазов данного типа в допоздне триасовых коллекторах объясняется тем, что породы докембрия были выведены на поверхность лишь в мезозойское время, с которого и осуществлялся их размыв. Не вступая в дискуссию относительно проблемы возраста алмазов «нижне-ленского» типа, стоит только отметить, что нельзя исключать и среднепалеозойский возраст первоисточников данных алмазов, по аналогии с кимберлитами Архангельской провинции, имеющими схожую ассоциацию алмазов. В пользу данного предположения свидетельствует и тот факт, что в триасовых отложениях отмечаются повышенные содержания зёрен алмазной ассоциации [14] среди пиропов ультраосновного парагенезиса, по крайней мере, по сравнению с сопредельными территориями. Так, в Нижнеленском алмазоносном районе (см. рисунок) пиропы из карнийских отложений содержат 3–4% алмазной ассоциации. Однако аномальные значения зафиксированы в устье р. Оленёк (мыс Тумул, горы Карангаты и Туор-Хая), где их количество составляет 25% от общего числа гранатов. В аллювии р. Лена, напротив р. Булкур, процент

таких гранатов составляет 13,4%. При этом содержание хрома в гранатах из карнийских отложений достигает 11 мас.% Cr_2O_3 и более [4]. Данные специфические особенности состава гранатов, включая повышенные содержания хрома, превышающие 10 мас.% Cr_2O_3 , наиболее присущи разностям из среднепалеозойских кимберлитов промышленно-алмазоносных районов центральной части ЯАП и нехарактерны для гранатов из мезозойских кимберлитов вообще и из триасовых, в частности. По мнению А.А.Константиновского [9], граница Сибирской платформы до начала мезозоя пролегла восточнее современных границ вплоть до Хараулахского поднятия. На месте Ленского отрезка Приверхоянского прогиба (см. рисунок) располагался крупный массив, который позже был вовлечён в мезозойскую складчатость. В пользу этого свидетельствует и тот факт, что западный фланг Туорасисского поднятия граничит с краевым прогибом не в виде надвига, а по крутому взбросу-сдвигу, что подтверждает предположение о существовании под чехлом прогиба жёсткого блока (трогового комплекса). Поэтому нельзя исключить тот факт, что на восточной окраине Сибирской платформы в фанерозое (а возможно и ранее) могло произойти внедрение алмазоносных кимберлитов на жёстком платформенном основании.

Если предположить дофанерозойский возраст источников алмазов «нижне-ленского» типа, то они могут быть связаны с ближайшими выходами докембрийского фундамента. С такими, например, как Сололийское или Хараулахское поднятия (см. рисунок), включая Чукуровский выступ на правом берегу р. Лена и горы Туорасис. В карнийских отложениях отмечается наличие повышенного количества кварцевого материала сравнительно низкой степени окатанности, что свидетельствует об участии в формировании данного коллектора крупных источников кварца, сложенных породами глубинных фаций метаморфизма, сопровождающих проявления кислого магматизма. Вполне вероятно, что поступление кварца осуществлялось не из промежуточных коллекторов, а непосредственно из «кварцпроизводящих» источников, которые располагались в пределах выходов кристаллических пород. В этой связи при планировании дальнейших работ необходимо обратить внимание на районы этих поднятий, включая открытые площади Сололийского поднятия. Несмотря

на достаточно хорошую изученность территорий в пределах отмеченных поднятий, в этих районах есть несколько перспективных участков, требующих дополнительных исследований. Среди таких участков в первую очередь следует отметить истоки р. Дебенгдэ, где необходимо выяснить генезис хромитов алмазной ассоциации, присутствующих, в том числе, среди зёрен хорошей сохранности. Принципиально важно знать, являются ли источниками данных хромшпинелидов традиционные кимберлиты или они относятся к так называемому «курунгскому» типу некимберлитового генезиса. В качестве другого перспективного участка следует отметить бассейн верхнего течения р. Элитибийэ, где отмечается вспышка неизношенных МИК, среди которых доминируют крупные зёрна. Среди гранатов на долю зёрен из класса $-4+1$ мм здесь приходится 69%. Среди пикроильменитов доля класса $-4+1$ мм достигает 70%. Содержание пиропов I класса сохранности составляет 21%, при этом процент зёрен алмажной ассоциации, по критерию Н.В.Соболева [13], не превышает 0,45%. Количество пикроильменитов I класса сохранности в отдельных точках данного участка достигает 37%.

Особое внимание следует обратить на тот факт, что при проведении работ в северной части ЯАП большинство предшественников недостаточно изучали морфологию и состав гранатов эклогитового парагенезиса. Предпочтение отдавалось пиропам ультраосновного парагенезиса, среди которых зёрна алмажной ассоциации, по критерию Н.В.Соболева [13], по всему северо-востоку Сибирской платформы, за редким исключением, или полностью отсутствуют, или представлены единичными зёрнами. Оранжевые же гранаты пироп-альмандинового ряда или не изучались вообще, или составы их выбраковывались из выборок по высокому содержанию железа, связывая данные гранаты исключительно с метаморфическими породами фундамента. В результате чего сведения по эклогитовым гранатам на большей части севера ЯАП на сегодня отсутствуют. Это тем более странно, если учитывать, что не только в подавляющей массе алмазов V–VII разновидностей, но и в значительной части кристаллов I разновидности включения здесь представлены именно эклогитовым парагенезисом (гроссуляр+пироксен+коэсит). По этой причине все выполненные ранее прогнозные построения относительно перспектив коренной алмазоносности

северных территорий ЯАП на основе минералогических критериев без учёта МИК эцлогитового парагенезиса не могут считаться достоверными. Данное обстоятельство требует проведения ревизии всех имеющихся микрозондовых (рентгеноспектральных) анализов по составу МИК севера ЯАП с целью определения представительности и пригодности данных составов для дальнейшей обработки и детального информационно-генетического анализа. Представительность предполагает достаточное количество анализов и присутствие среди проанализированных гранатов зёрен пироп-альмандинового ряда. Пригодность для дальнейшей обработки подразумевает наличие полных анализов как минимум на 9 элементов, включая Mn, Ti и Na. Участки, где имеются непредставительные или частичные анализы, следует рекомендовать для набора представительных партий МИК, включая не только гранат, но и клинопироксен, а также другие минералы, с целью их полного детального анализа с использованием современной аппаратуры и методов, в том числе проведение микрорентгеноспектрального анализа на все элементы.

Необходимо отметить и то, что в пределах Лено-Анабарского междуречья имеются площади, опоискованные до 1974 г., когда шкала сохранности первичных поверхностей на МИК [16] ещё не была широко внедрена в практику алмазопосковок работ. В этой связи площади, опоискованные до 1974 г., подлежат безусловному ревизионному опоискованию в первую очередь. В частности, такие площади имеются на правом берегу р. Хорбусуонка в её среднем течении, в верхнем течении р. Таас-Эйекит, по левобережью р. Лена на отрезке между реками Булун и Булкур и др. В качестве площадей второй очереди, подлежащих ревизионному опоискованию, рассматриваются территории, опоискованные в период с 1974 по 1980 гг., когда имелись определённые сложности в диагностике поверхностей на МИК по шкале сохранности на начальном этапе исследований микроморфологии МИК.

Значительные территории севера ЯАП, перекрытые чехлом юрских и нижнемеловых осадков, также плохо изучены на предмет сохранности первичных поверхностей МИК. В пределах площадей развития отложений нижней–средней юры ревизионное опоискование может быть оправдано с целью возможного обнаружения минералов хорошей сохранности, являющихся продуктами разрушения позднеюрского кимберлитового

магматизма, а в пределах развития пород нижнего мела – на предмет оценки перспектив россыпной алмазности раннемеловых осадков, учитывая то, что единичные находки алмазов в континентальных отложениях данного возраста известны на северо-востоке Сибирской платформы [11].

При планировании дальнейших работ в пределах Лено-Анабарского междуречья не должно смущать то обстоятельство, что отдельные площади данной обширной территории расположены за пределами древней консолидированной коры архейских кратонов. Дело в том, что доля алмазов эцлогитового парагенезиса обычно возрастает в кимберлитах (лампроитах), как раз расположенных либо на периферийных частях древних кратонов, либо в пределах древних мобильных зон. В последнее время всё больше мнений высказывается в пользу образования мантийных эцлогитов в результате коллизии древних террейнов. Если перидотитовые алмазы коррелируются с архейской стабилизацией континентальной мантии, то образование эцлогитовых алмазов – результат тектоно-термальных переработок литосферы в протерозойское время. Эти тектоно-термальные процессы могли разогреть литосферу, изменив её состав главным образом за счёт метасоматоза, и добавить новые «партии» алмазов к уже существовавшей обширной алмазной генерации архея. Другими словами, древний корень мог сохраниться вместе с первичными перидотитовыми алмазами, который позже был ещё дополнен эцлогитовыми алмазами протерозоя. Таким образом, переработка литосферы при определённых условиях может играть конструктивную роль в плане алмазообразования. В связи с изложенным нельзя исключать того, что источники алмазов «нижне-ленского» типа расположены как раз в более молодых по отношению к архейским блокам подвижных поясах.

На фоне площадного распространения алмазов «северного» типа ореол рассеяния алмазов «кютюнгинского» типа, имеющий относительно локальное распространение в районе верхнего течения р. Молодо и Молодо-Оленёкского водораздела, выглядит яркой минералогической аномалией (см. рисунок). Решение проблемы коренных источников «кютюнгинских» алмазов требует особого осмысления и отдельного подхода с целенаправленными работами. Попутно и быстро проблему «кютюнгинских» алмазов не решить. После каждого этапа проведённых исследований

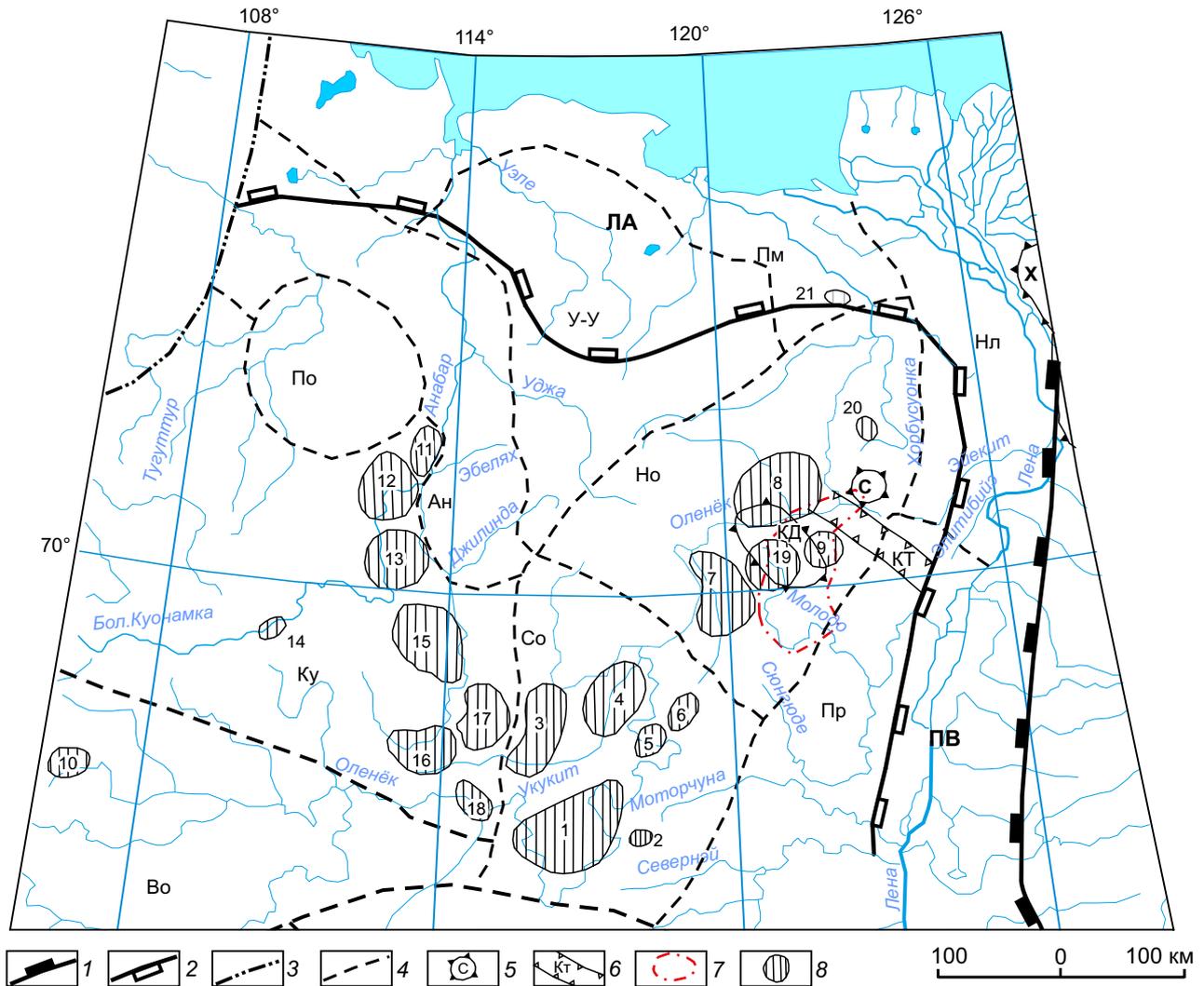


Схема районирования Лено-Анабарского междуречья с элементами структур:

1 – современная граница Сибирской платформы; 2 – прогибы (ЛА – Лено-Анабарский, ПВ – Приверхоанский); 3–4 – граница: 3 – Якутской алмазонасной провинции и 4 – между алмазонасными районами (Во – Верхнеоленёкский, Ку – Куонамский, Ан – Анабарский, По – Попигаийский, Пр – Приленский, Со – Среднеоленёкский, Но – Нижнеоленёкский, У-У – Уэле-Уджинский, Пм – Приморский, Нл – Нижнеленский); 5 – поднятия: С – Сололийское, КД – Куойкско-Далдыньское, Х – Хараулахское; 6 – Кютюнгдинский грабен (КТ); 7 – ореол рассеяния алмазов «кютюнгдинского» типа; 8 – кимберлитовые поля, их названия: 1 – Чомурдахское, 2 – Севернэйское, 3 – Западно-Укукитское, 4 – Восточно-Укукитское, 5 – Огонерское, 6 – Верхне-Моторчунское, 7 – Мерчимденское, 8 – Бенчимэ-Куойкское, 9 – Толуопское, 10 – Харамайское, 11 – Орто-Ыаргинское, 12 – Старореченское, 13 – Ары-Мастахское, 14 – Верхне-Куонапское, 15 – Дюкенское, 16 – Лучаканское, 17 – Куранахское, 18 – Усть-Силигирское, 19 – Молодинское, 20 – Хорбусунское, 21 – Улахан-Юрэгское прогнозируемое

всё труднее и труднее обосновывать последующие исследования в этом районе. Очередной выход с работами в данный район должен рассматриваться как последний. Поэтому проблемой «кютюнгдинских» алмазов необходимо заниматься детально и целенаправленно. Предварительно следует провести тщательный и критический анализ всех

ранее выполненных исследований в районе Кютюнгдинского грабена, определить с недостатками при проведении предшествующих работ, выбрать наиболее перспективные участки и оптимальные методики, виды и специализацию дальнейших изысканий в их пределах. Таким образом, представляется, что и в данном районе новые

исследования первоначально должны нести тематическую (ревизионно-минерагеническую) направленность.

Поиски коренных месторождений алмазов «кютюнгинского» типа в пределах Молодо-Оленёкского междуречья ведутся более 50 лет. При, казалось бы, несомненной перспективности данного района открытие коренных месторождений алмазов здесь неоправданно затянулось. Предварительный общий анализ изученности территории и богатого фактического материала свидетельствует о том, что вероятность обнаружения высокоалмазоносных трубок в данном районе на открытых площадях и участках, перекрытых отложениями незначительной мощности, ничтожно мала. Все перспективы на сегодня связываются лишь с площадями, перекрытыми толщей пермо-карбона и породами трапповой формации со сложными геолого-поисковыми обстановками, в пределах которых производство поисковых работ представляет невероятную сложность. Ореолы, содержащие в повышенных концентрациях алмазы и кимберлитовые минералы, имеют преимущественно прибрежно-морской генезис с предельно изношенной минеральной ассоциацией. При этом распространённые здесь породы трапповой формации нередко залегают непосредственно на кимберлитовмещающем цоколе (V геотип). Поэтому ожидать в данном районе открытия месторождений алмазов в ближайшее время слишком оптимистично. На сегодняшний день в мире пока ещё не открыто ни одного коренного месторождения алмазов по прибрежно-морским ореолам. Значит ли это, что не следует даже пытаться вести поиски в таких сложных районах? Это было бы неправильно, несмотря на отсутствие в настоящее время сколько-либо приемлемой методики поисков месторождений алмазов по прибрежно-морским ореолам. Искать, безусловно, нужно и в таких сложных районах, но если выходить в этот район, то основательно и надолго. При этом работы следует вести продуманно, с соблюдением стадийности. А нарушение стадийности работ и недостаточное их финансирование могут негативно сказаться на поисковых работах в целом. При этом важно понять, что поисковое бурение в корне отличается от разведочного. Если разведочное бурение – чисто технологический процесс, основной задачей которого является подсечение контактов и обеспечение выхода керна для подсчёта запасов, что, в принципе, может выполнить любая организация, то поисковое бурение –

это процесс творчески-интеллектуальный, требующий высокой квалификации специалистов, при котором обеспечение качества работ ещё не гарантия успеха.

В настоящее время территория Молодо-Оленёкского междуречья изучена достаточно хорошо, и объективно проведена оценка перспектив коренной алмазоносности. Здесь выполнены поисковые, поисково-оценочные и разведочные работы, в процессе которых открыта и разведана промышленная россыпь «Молодо». Ряд россыпей («Кривун», «Молодо-Бюк», «Молодо-Горное», «Чорбох», «Далдын», «Брас», «Верхнее Молодо», «Среднее Молодо») имеет близкие к промышленным содержания. В пределах Бенчимэ-Куойкского, Молодинского, Толуопского, Мерчимденского и Верхне-Моторчунского кимберлитовых полей (см. рисунок) известно более двух сотен кимберлитовых тел. Однако лишь в единичных трубках как среднепалеозойского, так и мезозойского возраста установлена бедная алмазоносность. Наиболее ярким представителем среди среднепалеозойских тел является трубка Аэрогеологическая в пределах Верхне-Моторчунского кимберлитового поля со средним содержанием 0,03 кар/т. Среди мезозойских кимберлитов следует отметить трубку Дьянга в пределах Бенчимэ-Куойкского кимберлитового поля с содержанием 0,157 кар/м³ (0,06 кар/т). К сожалению, многолетние поисковые работы до сих пор так и не привели к открытию в этом районе более богатых кимберлитовых трубок. Тем не менее, большинство исследователей, имеющих хотя бы какое-то представление о поисковой обстановке данного района, перспективы обнаружения здесь кимберлитовых трубок с промышленным содержанием алмазов оценивают положительно. И на такое оптимистическое предположение имеются основания. Распространённые здесь в разновозрастных отложениях алмазы обладают своеобразной морфологией и отнесены специалистами-алмазниками к так называемому «кютюнгинскому» типу, который существенно отличается от алмазов «северного» типа. «Кютюнгинский» тип алмазов характерен только для данного района и не встречается на других территориях севера ЯАП. Алмазы этого типа образуют относительно локальную минералогическую аномалию размером около 40×85 км, по масштабам общей площади (3500 км²) соответствующую кимберлитовому полю среднепалеозойского возраста. Строение ореола алмазов «кютюнгинского»

типа неоднородное. В северной его части (реки Кютюнгде, Улахан-Юеттээх, Угюс-Юрюе, Булбарангда, Толуопка) алмазы данного типа встречаются практически в «чистом» виде. Вниз по течению р. Молодо происходит постепенное уменьшение содержания алмазов в результате их смешения с «северным» типом вплоть до их полного исчезновения в аллювии нижнего течения р. Молодо. Так, если в россыпях «Далдын», «Ырас», «Кривун», «Верхнее Молодо», «Среднее Молодо» содержание алмазов «кютюнгдинского» типа составляет 60–70%, то в аллювии р. Молодо ниже устья р. Сюнгюде они исчезают вообще.

Для алмазов «кютюнгдинского» типа характерно повышенное содержание высокосортных ламинарных алмазов ряда октаэдр–ромбододекаэдр. Количество прозрачных, весьма прозрачных и чистой воды кристаллов местами достигает 90%, в среднем составляя 71%, при суммарном содержании кристаллов I разновидности, по Ю. Л. Орлову [12], равном 94,1%. Одновременно отмечается низкое содержание типичных округлых алмазов «уральского» типа (в среднем 10,3%) и додекаэдровидов с шагренью и полосами пластической деформации «жильного» типа (4,4%) при полном отсутствии кристаллов V–VII разновидностей. Типоморфной особенностью «кютюнгдинских» алмазов также является присутствие агрегатов VIII разновидности, повышенное содержание алмазов с оболочкой IV разновидности (7,6%), которые встречены только в трубках Айхал и Юбилейная центральной части ЯАП, а также наличие жёлтых кубовидов II разновидности «удачнинского» типа. При этом на кристаллах совершенно отсутствует износ истирания. Наиболее древним коллектором «кютюнгдинских» алмазов являются отложения турнейского яруса нижнего карбона в пределах Кютюнгдинского грабена (см. рисунок), представленные нуччаюрегинской свитой, содержание алмазов в которой, по результатам обогащения, в среднем достигает 0,173 кар/м³, а, по данным химического растворения, – 1,59 кар/м³, доходя в отдельных пробах до 3,31 кар/м³. Содержание алмазов в россыпях, сформированных за счёт алмазов «кютюнгдинского» типа (россыпи «Далдын», «Верхнее Молодо» и «Среднее Молодо»), более высокое и достигает 8,1 кар/м³ при высоком качестве алмазного сырья. Средняя стоимость алмазов «кютюнгдинского» типа, исходя из современной конъюнктуры, может в среднем составлять 100–150 долларов за карат, а по р. Далдын, в бассейне которой отмечается

наиболее высокий процент алмазов «кютюнгдинского» типа, их стоимость может возрасти до 250–300 долларов. По мнению ведущего специалиста-алмазника В. И. Коптиля, по качеству кристаллы «кютюнгдинского» типа близки к алмазам из трубки Удачная центральной части ЯАП, и для них прогнозируются богатые коренные источники с содержанием не менее 1 кар/т и при цене от 200–300 до 400 долларов за карат. Благоприятными условиями для возможного освоения коренных месторождений алмазов на стыке Приленского и Нижнеолёнёкского алмазоносных районов являются выгодное географо-экономическое положение территории, обусловленное близостью крупной транспортной магистрали (р. Лена), и наличие разрабатываемых россыпных месторождений алмазов.

Находки алмазов в древних промежуточных коллекторах, помимо упомянутой выше нуччаюрегинской свиты (C_1nj) раннекаменноугольного возраста, установлены также в виде единичных кристаллов в грубообломочных терригенно-карбонатных породах кысылхайнской свиты (C_1kh), а также в далдынской (C_3-P_1dl) и булбарангдинской (P_2bl) свитах позднего палеозоя. Уровень алмазоносности базального горизонта нижнедалдынской подсвиты крайне низок и в среднем составляет 0,01 кар/м³, достигая по отдельным пробам 0,156 кар/м³. Однако он на порядок выше, чем в базальном горизонте верхнедалдынской подсвиты. На участке Лунный в пределах Куойкско-Далдынского поднятия при опробовании грубозернистых фаций булбарангдинской свиты обнаружено всего 13 кристаллов средним весом 5,3 мг. Фациальные особенности позднепалеозойских отложений на участке, размерность кристаллов алмаза, наличие контрастного ореола кимберлитовых минералов хорошей сохранности (I–II классов) свидетельствуют в пользу близости их коренного источника. Алмазы, установленные в древних промежуточных коллекторах нижнего карбона и в целом верхнего палеозоя, имеют незначительный механический износ.

Что касается непосредственно минералов-индикаторов кимберлитов, встречающихся в данном районе совместно с алмазами, то они установлены в древних промежуточных коллекторах начиная от нижнего карбона на северо-восточном борту Кютюнгдинского грабена и далее во всех отложениях верхнего палеозоя на Молодо-Оленёкском междуречье. Кроме этого, МИК широко представлены в русловом аллювии водотоков,

дренирующих данные отложения. На северо-восточном борту Кютюнгинского грабена ореолы МИК выявлены в нижнекаменноугольных отложениях нуччаюрегинской и кысылхайнской свит. В отложениях нижней пачки нуччаюрегинской свиты МИК (пироп, пикроильменит и хромшпинелид) локализованы, как и алмазы, в грубообломочных прослоях. Кимберлитовые минералы сильно окатаны, что свидетельствует в пользу формирования грубообломочных горизонтов свиты в прибрежно-морских условиях. Для пиропов из отложений нуччаюрегинской свиты характерно преобладание зёрен размером $-1+0,5$ мм округлой формы, преимущественно лилового цвета с высокими содержаниями разноцветной окраски (до 25,4–28,6%) и зёрен алмазной ассоциации, по критерию Н.В.Соболева [13], (до 7,1–11,0%). В бассейне р. Нучча-Юряге Э.А.Шамшиной в конгломератах, помимо пироба и пикроильменита, были обнаружены чешуйки неизменённого флогопита кимберлитового генезиса [19, 20].

Кимберлитовые минералы в отложениях кысылхайнской свиты отмечаются редко. Они представлены преимущественно окатанными зёрнами пироба, очень редко встречаются циркон, пикроильменит, хромшпинелид и оливин. В одной точке в гравелитах кысылхайнской свиты были установлены пироп и пикроильменит II класса сохранности, а также трубчатый оливин. Помимо этого, в пробе-протолочке, отобранной из гравелитов кысылхайнской свиты в районе г. Кысыл-Хая, после дробления и промывки её в лотке непосредственно в поле был найден относительно свежий обломок кимберлита размером 1,5 мм, состав которого подтверждён петрографически и с помощью рентгеноспектрального анализа. Непосредственно в пределах Куойкско-Далдынского поднятия высококонтрастные ореолы минералов-индикаторов кимберлитов выявлены в базальных горизонтах верхнепалеозойских отложений на участках Лунный, Малка, Ивушка, Ырас-Центр и др. МИК представлены в основном пикроильменитом, реже пиропом и хромшпинелидом, редко цирконом, а также единичными зёрнами трубчатого оливина. Среди МИК отмечаются повышенные содержания пироба и пикроильменита хорошей сохранности (I–II классы). Все ореолы рассеяния МИК, за исключением ореола участка Ивушка, не имеют связи с известными кимберлитовыми телами района. Наибольший поисковый интерес представляют ореолы МИК,

расположенные в пределах палеовозвышенностей, выделенных в процессе реконструкций палеорельефа. Пиробы и хромшпинелиды из отдельных ореолов Молодо-Далдын-Толуопского междуречья характеризуются повышенными содержаниями зёрен алмазной ассоциации, по критерию Н.В.Соболева [13], практически отсутствующими в известных кимберлитовых телах района и ореолах ближайшего окружения. Содержания пиропов алмазной ассоциации в ореолах здесь составляют от 2,1 до 15,0%, в том числе на участке Лунный – 2,1, на участке Ивушка – 4,7 и на участке Малка – 9,8%.

По мнению большинства исследователей, погребённые территории верхнего течения р. Молодо, бассейна р. Кютюнде и Молодо-Оленёкского междуречья считаются наиболее перспективными для поисков среднепалеозойских коренных источников алмазов «кютюнгинского» типа. Отсутствие алмазов в известных среднепалеозойских кимберлитах Толуопского и Мерчимденского кимберлитовых полей (см. рисунок) и наличие их в древних промежуточных коллекторах в совокупности с благоприятными минералогическими признаками (повышенное содержание ламинарных кристаллов алмаза, присутствие кимберлитовых минералов алмазной ассоциации и зёрен хорошей сохранности) позволяют предполагать существование в пределах Молодо-Далдын-Толуопского междуречья неизвестных высокоалмазоносных кимберлитовых тел. В то же время, исходя из современного состояния изученности территории, возникают некоторые вопросы относительно безальтернативной перспективности Молодо-Далдын-Толуопского водораздела по отношению к коренным источникам алмаза «кютюнгинского» типа. Вряд ли стоит отрицать, что коренные источники «кютюнгинских» алмазов в современном эрозионном срезе не вскрыты. В противном случае они при такой детальной изученности территории, давно уже были бы обнаружены. Алмазы в современные россыпи поступают в результате размыва продуктивных горизонтов верхнепалеозойских отложений. Вероятнее всего, что эти продуктивные отложения более широко распространены, чем современные контуры Кютюнгинского грабена. По этой причине поиски промышленных месторождений алмазов только в пределах бортов грабена могут не дать желаемых результатов. Кимберлитовые трубки, поставляющие алмазы в каменноугольные отложения, могут оказаться достаточно

удалёнными, и для того, чтобы так думать, есть определённые основания. Как уже было отмечено, алмазы и кимберлитовые минералы установлены не только в основании нижнекарбонových отложений, а именно в нуччаюрегинской свите. Они также присутствуют и в терригенных отложениях кысылхайнской свиты визейского яруса, а это около 400 м вверх по разрезу карбонových отложений! Кроме того, алмазы присутствуют в отложениях далдынской свиты карбон-нижнепермского возраста – плюс ещё 100 м. Получается, что область сноса кимберлитового материала в пермо-карбонových отложения существовала достаточно долго. В этом случае данная область сноса должна быть значительно удалена, так как ближайшие территории на момент формирования визейских осадков уже были закрыты отложениями турнейского яруса. Не случайно среди алмазников существует устоявшееся мнение, что формирование россыпей в течение длительного времени является следствием их оторванности от коренных источников. При условии, конечно, что кимберлитовый материал в отложениях кысылхайнской свиты не является результатом переотложения из более раннего коллектора. Данное обстоятельство нельзя исключать и его следует учитывать при дальнейших работах в данном районе. Хотя против поступления алмазов и МИК в отложения кысылхайнской свиты в результате их переотложения из осадков нуччаюрегинских слоёв свидетельствуют определённые доводы. Во-первых, на момент формирования осадков кысылхайнской свиты отложения нуччаюрегинской свиты были захоронены «пустыми» отложениями толуопской свиты. Во-вторых, если всё же допустить, что где-то по периферии карбонového поля и перемывались отложения нуччаюрегинской свиты, то концентрация МИК в осадках кысылхайнской свиты должна если и не превышать, то хотя бы быть примерно сопоставимой с концентрацией МИК в нуччаюрегинской свите. В процессе переотложения кимберлитовых минералов обычно происходит обогащение минеральной ассоциации. Мизерные же содержания МИК и алмазов в осадках кысылхайнской свиты по сравнению с отложениями нуччаюрегинской свиты свидетельствуют, вероятно, в пользу затухания интенсивности сноса и о единой области питания материалом как в нуччаюрегинское, так и в кысылхайнское время. При этом непосредственно в отложениях нуччаюрегинской свиты не исключается переотложенный

характер как алмазов, так и самих МИК из более древнего осадочного коллектора ($D_3-C_1?$). В пользу этого также имеются некоторые данные. Так, в разрезе нуччаюрегинской свиты отмечается полифациальность терригенной толщи, обусловленная присутствием среди прибрежно-морских отложений образований переходных и даже континентальных (?) фаций, в строении которых принимал участие преимущественно местный обломочный материал. Однако в отложениях, содержащих слабоокатанный местный обломочный материал, присутствие идеально окатанных кимберлитовых минералов является ничем иным как несоответствием шлиховой минеральной ассоциации облику вмещающих осадков.

Местные источники сноса предполагаются также для отложений кысылхайнской (г. Кысыл-Хая) и удаганской свит карбона. Если в пределах Кютюндинского грабена действительно имели место местные алмазоносные коренные источники в непосредственной близости, материал ближнего сноса должен иметь место в этих осадках наравне с местным обломочным материалом. Особенно это касается удаганской свиты, в верхах разреза которой присутствуют пролювиальные фации. В этой связи заслуживает особого внимания Усунку-Салаатинское поднятие непосредственно в самом грабене на междуречье Кютюнде-Усунку-Салаата, которое, по мнению некоторых геологов, являлось устойчивой областью сноса как в ниже-верхнедалдынское время, так и, не исключено, в турнейское. Присутствие данного поднятия в пределах Кютюндинского грабена требует подтверждения на основе анализа геофизических данных. В случае подтверждения его присутствия, необходимо провести глубинное доизучение с целью определения его в качестве возможной области сноса местного кимберлитового материала.

Пока же кимберлитовый материал ближнего сноса в осадках карбонových отложений достоверно до сих пор не установлен. Отсутствие местного кимберлитового материала в карбонových осадках ближнего сноса свидетельствует или о перекрытии кимберлитовых тел более молодыми осадками на момент формирования данных отложений, или об их значительном удалении. Отдельные сомнительные находки, такие как флогопит в отложениях нуччаюрегинской свиты, МИК хорошей сохранности в отложениях кысылхайнской свиты, включая зёрна оливина, и обломок кимберлита, к сожалению, пока не нашли

последующего подтверждения. К тому же источниками этих аномальных находок ближнего сноса могли быть близлежащие неалмазоносные кимберлиты, среднепалеозойский возраст которых нельзя исключать, в том числе и для отдельных тел Бенчимэ-Куойкского кимберлитового поля. В связи с этим возникает вопрос о достоверности изучения разреза терригенных отложений нижнего карбона на предмет наличия в них МИК ближнего сноса, особенно верхней его части.

Таким образом, в качестве вероятной области сноса кимберлитового материала в нижнекарбонные отложения не должно исключаться и относительно удалённое окружение Кютюнгинского грабена, включая территории, расположенные к востоку, северо-востоку и юго-востоку от него. Поэтому решение проблемы коренных источников алмазов «кютюнгинского» типа, несмотря на относительную локальность ореола их рассеяния, требует вовлечения в анализ и оценку более обширных территорий, значительно превышающих размеры самого ореола. Вариант формирования древних россыпей за счёт источника ближнего сноса, область которого расположена в пределах Молодо-Далдын-Толуопского водораздела, как и вообще Молодо-Оленёкского междуречья, является наиболее оптимистичным, но всё же необязательно единственно вероятным.

По результатам ранее проведённых тематических исследований в пределах Лено-Анабарского междуречья установлено, что в предкарбонное время на левобережье р. Лена в районе устья р. Молодо существовало унаследованное Приленское поднятие, которое может рассматриваться как реликт докембрийского Западно-Верхоянского рифтового свода. Территория Приленского выступа, которая в настоящее время перекрыта мезозойскими отложениями, погрузилась лишь в предготеривское время, а в позднепалеозойское время существовала как область сноса. Не исключено, что поступление кимберлитового материала в район Кютюнгинского грабена осуществлялось с территории данного Приленского выступа. Здесь прогнозируется очаг кимберлитового магматизма с предполагаемым абсолютным возрастом 1,4 млрд. лет.

Как видим, вопросов в отношении проблемы коренных источников алмазов «кютюнгинского» типа значительно больше, чем ответов. И кто бы ни занимался их решением, он прежде должен ответить на вопросы более конкретного,

но не менее принципиального плана, выяснение которых поможет продвинуться в решении основной проблемы:

- присутствуют ли МИК с морским износом в разрезах далдынской и бульбарандинской свит;
- имеются ли аналоги по составу карбоновым гранатам с морским износом среди континентальных разностей данного минерала;
- аналогичны ли по составу гранаты из отложений нуччаюрегинской свиты гранатам из осадков кысылхаинской свиты;
- соответствуют ли составы пикроильменитов из отложений нуччаюрегинской свиты в бассейне р. Толуопка составам данного минерала из известных кимберлитовых тел Толуопского поля;
- имеются ли гранаты алмазной ассоциации среди континентальных разностей, в том числе в отложениях далдынской и бульбарандинской свит, или алмазную ассоциацию среди гранатов обеспечивают исключительно изношенные зёрна с «карбоновой» морфологией?

Для решения данных вопросов потребуется проведение детальных специализированных минералогических исследований МИК, включая их парагенетическую классификацию на основе состава. Необходимо также выяснить наличие и количество среди МИК конкретных участков севера-востока Сибирской платформы минералов алмазоносных и высокоалмазоносных парагенезисов среди эклогитовых и пироксенитовых разностей. Особенно это касается граната. Также принципиально важно установить для гранатов с морским износом из нижнекарбонных отложений наличие аналогичных по составу разностей среди минеральных ассоциаций с континентальным обликом в отложениях далдынской и бульбарандинской свит. По кимберлитовым минералам с континентальным износом можно уже вести прямые поиски коренных источников алмазов путём их прослеживания с учётом мехизноса по шкале сохранности первичных поверхностей [16, 17]. Кроме этого, необходимо провести более тонкие исследования самих алмазов в пределах площади: их изотопии, физических свойств, включений и др. с целью более точного определения границ ореола распространения алмазов «кютюнгинского» типа. Уже сейчас ореол «кютюнгинских» алмазов, по отдельным находкам, растягивается до 60–70×170 км, а возможно, он ещё шире.

При проведении алмазопроисковых работ в пределах Лено-Анабарского междуречья следует

уделить более пристальное внимание известным кимберлитовым телам мезозойского возраста. Необходимо на основе использования современных косвенных методов провести переоценку их потенциальной алмазности с учётом минералов эклогитового и пироксенитового парагенезисов. Для этого необходимо выполнить специальные исследования химических составов кимберлитовых минералов с определением их парагенетической принадлежности. Это позволит рекомендовать для последующего прямого опробования те тела, которые, по минералогическому критерию, будут оценены как потенциально алмазные. При этом вряд ли стоит ожидать среди мезозойских кимберлитов тел, обладающих повышенной алмазностью, сопоставимой с алмазностью среднепалеозойских кимберлитов центральной части ЯАП. Среди мезозойских кимберлитов если и будут установлены алмазные трубки, то уровень их алмазности вряд ли будет превышать средние значения. Но даже слабоалмазные тела данного возраста могут представлять интерес с позиций качества алмазного сырья. В мировой практике известны случаи, когда трубки с достаточно низкими содержаниями алмазов (сотые доли карата) являются рентабельными для промышленного освоения. В качестве примера можно привести мезозойские трубки рудника Летсенг-ля-Терайе (Лесото), где среднее содержание алмазов составляет всего 0,01–0,03 кар/т. При этом стоимость алмазов из данного рудника является одной из самых высоких и превышает 2500 долларов за карат [21], что делает его рентабельным для промышленной обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев В.П., Лобанов С.С., Похиленко Н.П.* и др. Полигенез алмазов Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 2011. – № 3. – С. 335–353.
2. *Афанасьев В.П., Похиленко Н.П., Егорова Е.О., Линденблот Е.С.* Древнейшие алмазы Сибирской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы IX всероссийской научно-практической конференции. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2019. – Т. I. – С. 2114–116.
3. *Граханов С.А.* Алмазность россыпей северо-востока Сибирской платформы и перспективы поисков их коренных источников: автореф. дисс. ... канд. геол.-минер. наук. – Воронеж, 2001. – 29 с.
4. *Граханов С.А., Зарукин А.О., Богуш И.Н., Ядренкин А.В.* Открытие верхнетриасовых россыпей алмазов в акватории Оленёкского залива моря Лаптевых // Отечественная геология. – 2009. – № 1. – С. 53–64.
5. *Зинчук Н.Н., Коптиль В.И.* Типоморфизм алмазов основных площадей геологоразведочных работ АК «АЛРОСА» в Западной Якутии // Геологические аспекты минерально-сырьевой базы акционерной компании «АЛРОСА»: современное состояние, перспективы, решения. – Мирный, 2003. – С. 85–108.
6. *Зинчук Н.Н., Коптиль В.И.* Особенности алмазов из россыпей Сибирской платформы в связи с проблемой прогнозирования из коренных источников // Геология алмазов – настоящее и будущее. – Воронеж: ВГУ, 2005. – С. 1020–1050.
7. *Зинчук Н.Н., Коптиль В.И.* Об особенностях алмазов из кимберлитов и древних осадочных толщ (на примере Центрально-Сибирской алмазносной субпровинции) // Вестник Воронежского гос. университета. Серия Геология. – 2018. – № 4. – С. 28–38.
8. *Ковальчук О.Е., Липашова А.Н., Богуш И.Н.* К вопросу о первоисточниках алмазов из россыпей Лено-Анабарского междуречья // Проблемы прогнозирования и поисков месторождений алмазов на закрытых территориях: материалы конференции, посвященной 40-летию ЯНИГП ЦНИГРИ АК АЛРОСА. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. – С. 169–176.
9. *Константиновский А.А.* Нижнеленский погребенный массив и некоторые вопросы размещения кимберлитов на северо-востоке Сибирской платформы // Геотектоника. – 1979. № 1. – С. 48–57.
10. *Логвинова А.М., Вирт Р., Томиленко А.А.* и др. Особенности фазового состава наноразмерных кристаллофлюидных включений в аллювиальных алмазах северо-востока Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 2011. Т. 52 (11). С. 1634–1648.
11. *Натапов Л.М., Сибирицев Ю.М., Гогина Н.И.* и др. Новый промежуточный коллектор алмазов и их спутников на Сибирской платформе // Геология и методы прогнозирования алмазных месторождений: труды ЦНИГРИ. – М., 1981. – Вып. 156. – С. 34–40.
12. *Орлов Ю.Л.* Минералогия алмаза. – М.: «Наука», 1984. – 264 с.

13. *Соболев Н.В.* О минералогических критериях алмазности // Геология и геофизика. – 1971. – № 3. – С. 70–80.
14. *Соболев Н.В.* Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. – Новосибирск: Наука, 1974. – 263 с.
15. *Хачатрян Г.К., Зинчук Н.Н., Коптиль В.И.* Структурные дефекты в алмазах северо-востока Сибирской платформы и их типоморфное значение // Геология алмазов – настоящее и будущее. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. – С. 1607–1615.
16. *Хмельков А.М.* Оценка дальности переноса кимберлитовых минералов при алмазопоисковых работах // Алмазы и благородные металлы Тимано-Уральского региона: материалы всероссийского совещания. – Сыктывкар: ИГ НЦ УрО РАН, 2006. – С. 38–40.
17. *Хмельков А.М.* Основные минералы кимберлитов и их эволюция в процессе ореолообразования (на примере Якутской алмазносной провинции). – Новосибирск: АРТА, 2008. – 252 с.
18. *Хмельков А.М.* Выявление нового прогнозируемого кимберлитового поля и перспективы северной окраины Якутской алмазносной провинции // Отечественная геология. – 2012. – № 2. – С. 15–22.
19. *Шамшина Э.А., Никишов К.Н., Зимнухов А.М.* Минералы кимберлитового парагенезиса в нижекарбонатных конгломератах кютюндинского грабена // Кимберлитовый и базитовый магматизм района Оленёкского поднятия. – Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1980. – С. 58–66.
20. *Шамшина Э.А.* Минералы кимберлитовых пород в разновозрастных отложениях севера Сибирской платформы. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1986. – 108 с.
21. *Bowen Debbie C., Ferraris Ray D., Palmer Claire E. and Ward John D.* On the unusual characteristics of the diamonds from Letšeng-la-Terae kimberlites, Lesotho // 9th International Kimberlite Conference Extended Abstract No 9IKC-A-00094, 2008.

REFERENCES

1. *Afanas'ev V.P., Lobanov S.S., Pokhilenko N.P. et al.* Poligenez almazov Sibirskoi platform [Polygenesis of Siberian platform diamonds]. *Geologiya i geofizika*. 2011, no. 3, P. 335–353.
2. *Afanas'ev V.P., Pokhilenko N.P., Egorova E.O., Lindenblot E.S.* Drevneishie almazy Sibirskoi platformy [The oldest diamonds of the Siberian platform]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii: materialy IX vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Yakutsk: Izdatel'skii dom SVFU publ., 2019, V. I, P. 2114–116.
3. *Grakhanov S.A.* Almazonosnost' rossypei severo-vostoka Sibirskoi platformy i perspektivy poiskov ikh korennykh istochnikov [Diamond content of placers in the North-East of the Siberian platform and prospects for searching for their root sources]. Avtoref. diss. ... kand. geol.-miner. nauk. Voronezh. 2001. 29 p.
4. *Grakhanov S.A., Zarukin A.O., Bogush I.N., Yadrenkin A.V.* Otkrytie verkhnetriasovykh rossypei almazov v akvatorii Olenekskogo zaliva morya Laptevyykh [Discovery of upper Triassic diamond placers in the Olenek Bay of the Laptev sea]. *Otechestvennaya geologiya*. 2009, no. 1, P. 53–64.
5. *Zinchuk N.N., Koptil' V.I.* Tipomorfizm almazov osnovnykh ploshchadei geologorazvedochnykh rabot AK «ALROSA» v Zapadnoi Yakutii [Typomorphism of diamonds in the main areas of ALROSA exploration in Western Yakutia]. *Geologicheskie aspekty mineral'no-syr'evoi bazy aktsionernoi kompanii «ALROSA»: sovremennoe sostoyanie, perspektivy, resheniya*. Mirnyi, 2003, P. 85–108.
6. *Zinchuk N.N., Koptil' V.I.* Osobennosti almazov iz rossypei Sibirskoi platformy v svyazi s problemoi prognozirovaniya iz korennykh istochnikov [Features of diamonds from placers of the Siberian platform in connection with the problem of forecasting from indigenous sources]. *Geologiya almazov – nastoyashchee i budushchee*. Voronezh, VGU publ., 2005, P. 1020–1050.
7. *Zinchuk N.N., Koptil' V.I.* Ob osobennostyakh almazov iz kimberlitov i drevnykh osadochnykh tolshch (na primere Tsentral'no-Sibirskoi almazonosnoi subprovintsii) [About the features of diamonds from kimberlites and ancient sedimentary strata (for example, the Central Siberian diamond-bearing subprovince)]. *Vestnik Voronezhskogo gos. universiteta. Seriya Geologiya*. 2018, no. 4, P. 28–38.
8. *Koval'chuk O.E., Lipashova A.N., Bogush I.N.* K voprosu o pervoistochnikakh almazov iz rossypei Leno-Anabarskogo mezhdurech'ya [On the question of primary sources of diamonds from placers of the Leno-Anabar interfluvium]. *Problemy prognozirovaniya i poiskov mestorozhdenii almazov na zakrytykh territoriyakh: materialy konferentsii, posvyashchennoi 40-letiyu YaNIGP TsNIGRI AK «ALROSA»*. Yakutsk, Izd-vo YaNTs SO RAN publ., 2008. P. 169–176.
9. *Konstantinovskii A.A.* Nizhnelenskii pogrebennyi massiv i nekotorye voprosy razmeshcheniya kimberlitov na severo-vostoke Sibirskoi platformy [Nizhnelenskoe buried array and the distribution of kimberlites in the northeast of the Siberian platform]. *Geotektonika*. 1979, no. 1, P. 48–57.
10. *Logvinova A.M., Virt R., Tomilenko A.A. et al.* Osobennosti fazovogo sostava nanorazmernykh kristallofluidnykh vklyuchenii v allyuvial'nykh almazakh severo-vostoka Sibirskoi platformy [The peculiarities of phase composition of nanosized crystallising inclusions in alluvial diamonds in the northeastern Siberian platform]. *Geologiya i geofizika*. 2011, V. 52 (11), P. 1634–1648.
11. *Natapov L.M., Sibirtsev Yu.M., Gogina N.I. et al.* Novyi promezhutochnyi kollektor almazov i ikh sputnikov na Sibirskoi platforme [New intermediate collector of diamonds and their satellites on the Siberian platform]. *Geologiya i metody prognozirovaniya almaznykh mestorozhdenii: trudy TsNIGRI*. Moscow, 1981, Issue 156, P. 34–40.
12. *Orlov Yu.L.* Mineralogiya almaza [Mineralogy of diamond]. Moscow, Nauka publ., 1984, 264 p.
13. *Sobolev N.V.* O mineralogicheskikh kriteriyakh almazonosnosti [The mineralogical criteria of diamond-bearing]. *Geologiya i geofizika*. 1971, no. 3, p. 70–80.
14. *Sobolev N.V.* Glubinye vklyucheniya v kimberlitakh i problema sostava verkhnei mantii [Deep inclusions in kimberlites and the problem of upper mantle composition]. Novosibirsk, Nauka publ., 1974, 263 p.
15. *Khachatryan G.K., Zinchuk N.N., Koptil' V.I.* Strukturnye defekty v almazakh severo-vostoka Sibirskoi platformy i ikh tipomorfnoe znachenie [Structural defects in diamonds of the North-East of the Siberian platform and their typomorphic value]. *Geologiya almazov – nastoyashchee i budushchee*. Voronezh, VGU publ., 2005, P. 1607–1615.
16. *Khmel'kov A.M.* Otsenka dal'nosti perenosa kimberlitovykh mineralov pri almazopoyzovnykh rabotakh [Estimation of the transfer range of kimberlite minerals during diamond prospecting operations].

- Almazy i blagorodnye metally Timano-Ural'skogo regiona: materialy vserossiiskogo soveshchaniya. Syktyvkar, IG NTs UrO RAN publ., 2006, P. 38–40.
17. *Khmel'kov A.M.* Osnovnye mineraly kimberlitov i ikh evolyutsiya v protsesse oreolobrazovaniya (na primere Yakutskoi almazonosnoi provintsii) [The main minerals of kimberlites and their evolution in the process of halo formation (on the example of the Yakut diamond-bearing province)]. Novosibirsk, ARTA publ., 2008, 252 p.
 18. *Khmel'kov A.M.* Vyyavlenie novogo prognoziruемого kimberlitovogo polya i perspektivy severnoi okrainy Yakutskoi almazonosnoi provintsii [Identification of a new predicted kimberlite field and prospects for the Northern edge of the Yakut diamond province]. *Otechestvennaya geologiya*. 2012, no. 2, P. 15–22.
 19. *Shamshina E.A., Nikishov K.N., Zimnukhov A.M.* Mineraly kimberlitovogo paragenezisa v nizhnekarbonovykh konglomeratakh kyutyungdinskogo grabena [Minerals of kimberlite paragenesis in lower carbon conglomerates of the kyutyungda Graben]. *Kimberlitovyi i bazitovyi magmatizm raiona Olenekskogo podnyatiya*. Yakutsk, Izd-vo YaF SO AN SSSR publ., 1980, P. 58–66.
 20. *Shamshina E.A.* Mineraly kimberlitovykh porod v raznovozrastnykh otlozheniyakh severa Sibirskoi platform [Minerals of kimberlite rocks in different age deposits of the North of the Siberian platform]. Yakutsk, YaF SO AN SSSR publ., 1986, 108 p.
 21. *Bowen Debbie C., Ferraris Ray D., Palmer Claire E. and Ward John D.* On the unusual characteristics of the diamonds from Letšeng-la-Terae kimberlites, Lesotho. 9th International Kimberlite Conference Extended Abstract No 9IKC-A-00094, 2008.

Журнал «Отечественная геология» принимает участие в геологических конференциях, совещаниях, съездах в качестве информационного партнёра, освещая на своих страницах важные события отрасли.

Приглашаем 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.