

Опыт выявления возможных коренных источников алмазных россыпей арктической зоны Якутии

Ю.К.ГОЛУБЕВ, Н.А.ПРУСАКОВА (Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГУП ЦНИГРИ); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1), Л.И.ЛУКЬЯНОВА (ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П.Карпинского» («ВСЕГЕИ»); 199106, г. Санкт-Петербург, проспект Средний В.О., д. 74)

В Арктической зоне Якутии вскрыты породы щелочно-ультраосновного состава, которые идентифицируются как кратерные части тел кимберлит-лампроитового состава. В геологическом разрезе эти породы залегают выше отложений перми. Они были вскрыты в пределах участка, выделенного по геолого-геофизическим данным как участок возможной локализации куста потенциально алмазоносных тел. С данным участком связана россыпь алмазов долины р. Никабыт. Алмазы данной россыпи аналогичны алмазам из россыпей севера Якутии, коренные источники которых не известны. Полученные данные позволяют предполагать, что породы подобного типа могут являться коренными источниками алмазов этих типов россыпей.

Ключевые слова: алмазы, россыпи, кратерные части кимберлитовых трубок, кусты кимберлитов.

Голубев Юрий Конкордьевич
Прусакова Наталья Александровна
Лукьянова Людмила Ивановна



yukgolubev@gmail.com
naprusakova48@gmail.com
Lyudmila_Lyukianova@vsegei.ru

The experience of the discovery of the potential sources of diamond placers in the Arctic zone of Yakutia

Yu.K.GOLUBEV, N.A.PRUSAKOVA, L.I.LUKYANOVA

The rocks of alkaline ultrabasic composition were discovered in the Arctic zone of Yakutia which were determined as the crater parts of kimberlite – lamproite bodies. These crater parts lie above the Permian deposits in the geological section. These bodies were discovered within the area distinguished on the basis of geological and geophysical data as the area of the potential position of kimberlite cluster. The diamond placer in the Nikabyt river valley was connected with the potential position of the diamondiferous bodies cluster. The diamonds from this diamond placer are similar to those from placers in the northern part of Yakutia. The sources of these diamonds are unknown. These data allow to presume that the discovered rocks could be the sources of diamonds of these types of placers.

Key words: diamonds, placers, crater parts of kimberlite pipes, kimberlite cluster.

Севернее Полярного круга, западнее р. Лена, до административной границы с Красноярским краем (в Арктической зоне Якутии) на площади свыше 400 тыс. км² открыто около сотни россыпей и россыпных проявлений алмазов. Запасы данных россыпей составляют несколько десятков миллионов карат, что позволяет отнести их к категории уникальных. Несмотря на выполнение больших объемов геологоразведочных работ (ГРП), коренные источники данных россыпей до настоящего времени не установлены. В то же время крупные запасы алмазов в рассматриваемых россыпях позволяют предположить, что их возможные коренные источники являются либо весьма богатыми, либо они имеют широкое распространение. Существуют различные точки зрения о типах коренных источников этих россыпей. Краткий

обзор данных представлений с упором на самые последние разработки был сделан в статье Ю.К. Голубева [2].

Для россыпей Арктической зоны Якутии характерна весьма специфическая ассоциация алмазов (Эбеляхский тип), не встречающаяся в известных коренных месторождениях Якутии среднепалеозойского возраста, что уже в течение длительного времени вызывает дискуссии об их первоисточниках. Аналогичная ассоциация алмазов известна в мезозойских осадках рэтского и карнийского ярусов верхнего триаса, развитых в пределах той же территории. В рэтских прибрежно-морских осадках булунканской свиты С.А.Грахановым была обнаружена площадная россыпь алмазов, в составе которой были отмечены алмазы Эбеляхского типа (описание данной россыпи было дано в отчете ОАО «Нижне-Лен-

ское», 2010). Наличие площадной россыпи в составе прибрежно-морских осадков, отсутствие данных по наличию в этом районе крупных палеоводотоков, которые могли бы транспортировать алмазы в рэтское время на значительные расстояния, позволило допустить наличие коренных источников алмазов вблизи палеобереговой линии рэтского времени. Данные предположения явились основанием для постановки поисковых работ на коренные источники алмазов. Работы выполнялись ФГУП ЦНИГРИ в рамках Государственного контракта по объекту «Поисковые работы на выявление нетрадиционных для России месторождений алмазов триасового возраста на севере Оленёкского поднятия (Республика Саха (Якутия))». Субподрядчиками работ являлись: ОАО «Алмазы Анабара» (наземные геофизические работы; шлихо-минералогическое и мелкообъемное опробование территории, бурение скважин); АО ГНПП «Аэрогеофизика» (высокоточная аэромагнитная съемка масштаба 1:10 000); ФГБУН ИГМ СО РАН (шлихо-минералогическое и мелкообъемное опробование территории, исследования минералов-индикаторов алмазов и самих алмазов).

Положение площади работ (рис. 1) было выбрано вдоль палеобереговой линии рэтского моря, где более ранними работами была обнаружена прибрежно-морская россыпь алмазов. Кроме того, также ранее различными организациями (ПАО «АЛРОСА», ОАО «Нижне-Ленское» и др.) данная территория рассматривалась как перспективная на обнаружение коренных месторождений алмазов. Основанием для этого являлось наличие известных россыпей алмазов, ореолов минералов-индикаторов кимберлитов, а также геолого-структурная обстановка, не противоречащая возможной локализации кимберлитового вулканизма.

В блоковой структуре кристаллического фундамента Сибирской платформы площадь работ расположена в пределах Беректинского гранит-зеленокаменного террейна с возрастом консолидации земной коры 2,5 млрд. лет [13]. В структуре осадочного чехла она приурочена к северной части Оленёкского сводового поднятия, находясь в области сочленения последнего с расположенным северо-восточнее Лено-Анабарским прогибом (см. рис. 1). Граница между этими структурами проводится достаточно условно по полям сплошного развития отложений перми, залегающих на размытой поверхности пород среднего-верхнего кембрия. Все перечисленные структуры осложнены дизъюнктивными и пликативными нарушениями более низких порядков.

В геологическом строении севера Оленёкского поднятия принимают участие два структурно-формационных этажа, различающихся характером распространения, мощностью, вещественным составом и другими признаками. Нижний, наиболее древний этаж, отвечает кристаллическому фундаменту платформы. Он сложен (по имеющимся представлениям) метаморфогенными породами архея и нижнего протерозоя. Глубина зале-

гания кристаллического фундамента практически на всей площади работ составляет 1,8–2,5 км и только на крайнем севере-северо-западе поверхность кристаллического фундамента погружается до глубин 3,0–3,5 км и более. Верхний структурно-формационный этаж представлен образованиями осадочного чехла кембрийского, пермского, триасового и юрского возрастов, перекрытыми покровом четвертичных отложений (см. рис. 1).

Проведенные на севере Оленёкского поднятия работы ФГУП ЦНИГРИ были спроектированы согласно существующим Инструктивным требованиям для поисковых работ на коренные источники алмазов, которые предполагают выделение объектов трубчатого типа. Были выполнены следующие виды ГРП:

- аэромагнитная съемка масштаба 1:10 000 с выделением перспективных локальных аэромагнитных аномалий трубчатого типа;

- наземные геофизические (площадная магнито-разведка масштаба 1:5000, площадная и профильная электроразведка методами СГ-ВП, ЭМЗ-ВП, ЗМПП, М-ЗСБ) работы на аномалиях, признанных перспективными;

- заверочное бурение на перспективных геофизических аномалиях (по результатам наземных геофизических работ);

- поисково-картировочное бурение на вскрытие рэтского прибрежно-морского алмазоносного коллектора; шлихо-минералогическое и мелкообъемное опробование, выполненное в ходе специализированных геолого-геоморфологических маршрутов.

Кроме того, проводились обобщение и интерпретация разнообразных геолого-геофизических материалов с целью локализации на площади работ алмазоперспективных площадей ранга поля и кустов тел.

В результате работ, выполненных ФГУП ЦНИГРИ, на севере Оленёкского поднятия на основании геолого-геофизических критериев были локализованы прогнозируемое Кялимярское кимберлитовое поле и участки возможного положения кустов кимберлитовых тел (рис. 2). В пределах одного из этих участков, получившего название Верхненикабытский, были вскрыты кратерные части двух тел щелочно-ультраосновного состава. Они представлены вулканогенно-осадочными породами, сформированными вероятнее всего в условиях кратерного маара. По своему положению в геологическом разрезе кратерные части трубок расположены на уровне нижнего триаса. С Верхненикабытским участком, где были вскрыты данные тела, связана богатая россыпь алмазов долины р. Никабыт и, кроме того, к нему же примыкает наиболее богатый участок россыпи алмазов в прибрежно-морских осадках булунканской свиты рэтского яруса верхнего триаса. Эти факты позволили с высокой степенью вероятности предположить, что были обнаружены потенциальные коренные источники алмазов «северного» типа триасового возраста.

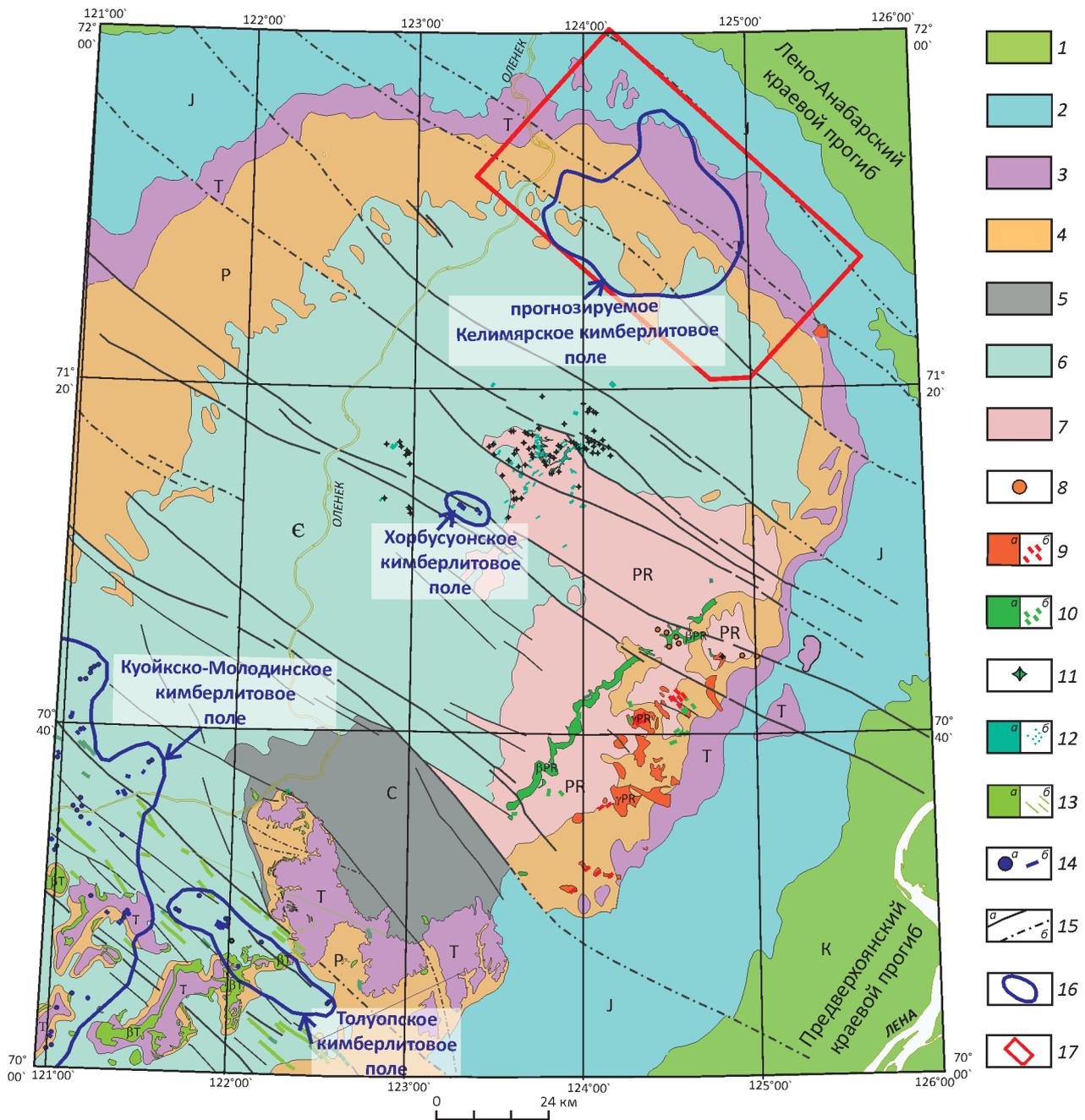


Рис. 1. Позиция площади работ ФГУП ЦНИГРИ:

1–3 – мезозойские отложения: 1 – терригенные угленосные, К, 2 – терригенные и карбонатно-терригенные, J, 3 – терригенные и вулканогенно-терригенные, Т; 4–6 – палеозойские отложения: 4 – терригенные, угленосные и битуминозные, Р, 5 – карбонатные и терригенно-карбонатные, С, 6 – карбонатные и терригенно-карбонатные, Е; 7 – терригенные и карбонатно-терригенные метаморфизованные отложения, PR; 8–10 – магматические образования протерозоя: 8 – риолиты, метариолиты (штоки), 9 – гранитоиды: а – массивы, б – дайки, 10 – долериты, габбро-долериты, базальты: а – силлы, б – дайки; 11–12 – магматические образования палеозоя: 11 – эруптивные брекчи трахибазальтов, 12 – субщелочные долериты: а – силлы, б – дайки; 13 – магматические образования мезозоя – долериты: а – силлы, б – дайки; 14 – трубки (а) и дайки (б) кимберлитов палеозойского и мезозойского возраста; 15 – основные тектонические нарушения: а – достоверные, б – предполагаемые; 16 – поля кимберлитового магматизма; 17 – граница площади работ ФГУП ЦНИГРИ

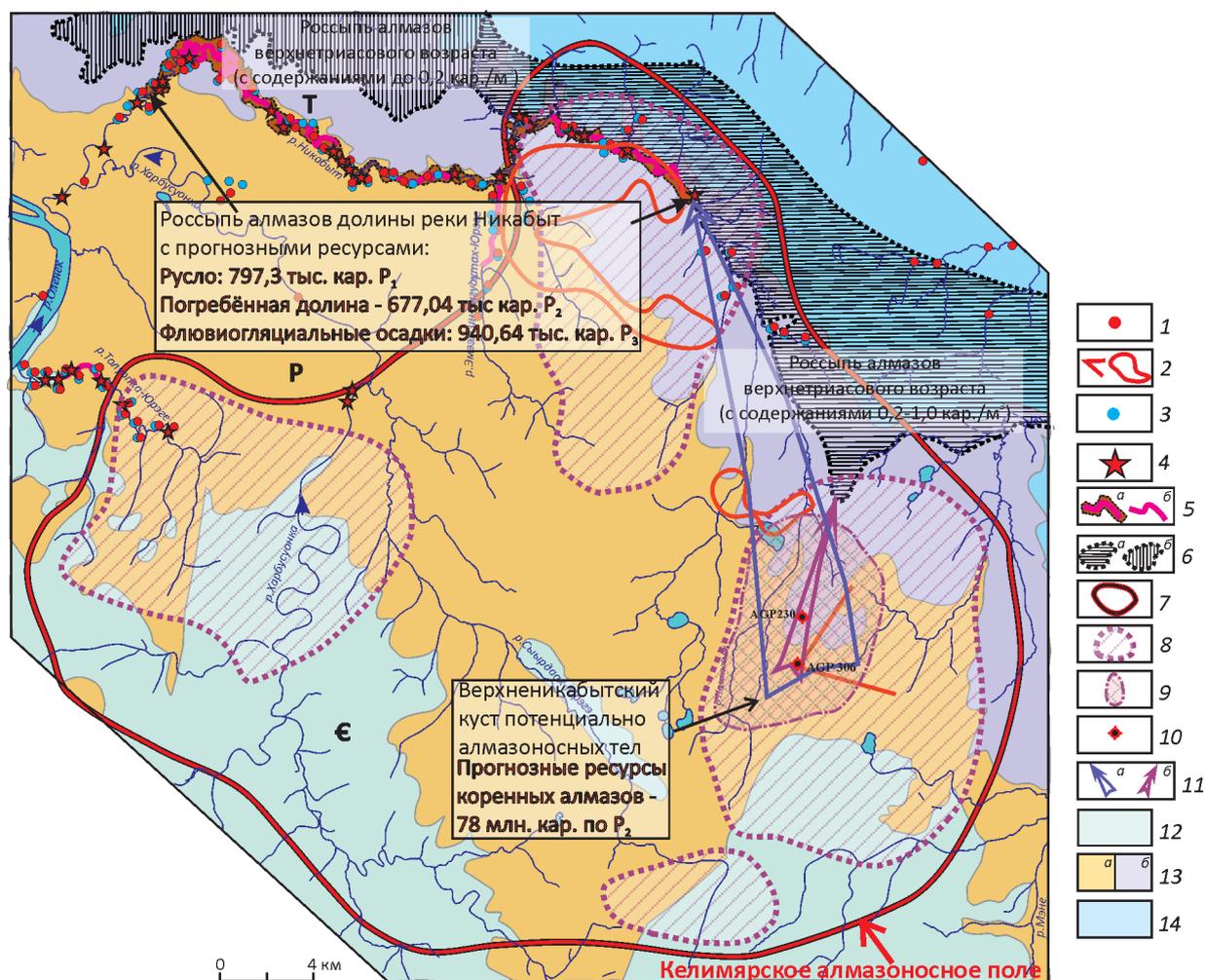


Рис. 2. Прогноз коренной алмазности на севере Оленёкского поднятия:

1–6 – минералогические признаки коренной алмазности: 1 – находки пиропов, 2 – ореолы пиропов, 3 – находки пикроильменитов, 4 – находки алмазов, 5 – аллювиальные россыпи алмазов: а – с оцененными прогнозными ресурсами, б – с низкими содержаниями алмазов, 6 – прибрежно-морская россыпь алмазов булунканской свиты рэтского яруса верхнего триаса (по данным С.А.Граханова и др., 2010): а – с низкими и средними (от 0,2 до 1,0 кар/м³) содержаниями, б – с убогими (до 0,2 кар/м³) содержаниями; 7–9 – прогнозируемые по комплексу геолого-геофизических предпосылок: 7 – Келимярское потенциально алмазоносное кимберлитовое поле, 8 – участки возможной локализации кустов тел, 9 – Верхненикабытский потенциально алмазоносный куст тел; 10 – положение скважин, вскрывших кратерные части кимберлитовых трубок; 11 – направления сноса алмазов: а – в долину р. Никабыт в четвертичное время, б – в состав прибрежно-морских осадков верхнетриасового времени; 12–14 – типы геологических поисковых обстановок: 12 – открытые территории для поиска коренных месторождений алмазов среднепалеозойского-мезозойского возрастов с выходом на подчетвертичную поверхность отложений кембрия, 13 – открытые территории для поиска коренных месторождений алмазов постпермского возраста с выходом на подчетвертичную поверхность отложений: а – перми, б – триаса, 14 – территории, где срез пород, вмещающих ожидаемые тела кимберлитов, перекрыт юрскими отложениями

Следует подчеркнуть, что объекты были вскрыты на крайне слабо выраженных в магнитном поле аномалиях, которые первоначально не были отнесены по их интенсивности к первоочередной заверке. При формальных подходах к организации поисковых работ могла существовать довольно большая вероятность того, что они не были бы заверены ни наземными геофизически-

ми методами, ни бурением. Решение на заверку данных аномалий принималось исходя из двух основных положений: 1) аномалии были приурочены к локальному участку, выделенному как участок возможной локализации куста тел в пределах выделенного прогнозируемого кимберлитового поля; 2) данный участок был определен как участок сноса алмазов в россыпь реки Никабыт.

С точки зрения авторов вскрытие потенциальных коренных источников алмазов Эбеляхского типа было обусловлено тем, что при проведении работ значительное внимание было уделено следующим видам исследований: локализации прогнозируемого кимберлитового поля и кустов тел в его пределах; проведению соответствующих палеогеографических реконструкций и районированию территории по условиям ведения поисков, позволивших определить участок возможного сноса алмазов в россыпь. При этом использовались традиционные методы поисков алмазных месторождений.

Локализация прогнозируемого кимберлитового поля и кустов тел в его пределах. Локализация прогнозируемого кимберлитового поля и кустов тел в его пределах проводилась с использованием методологических подходов, разработанных и применяемых ФГУП ЦНИГРИ при решении подобного рода задач в других регионах. Данные подходы неоднократно были освещены в целом ряде публикаций [1, 4, 8–12]. Согласно этим разработкам, прогноз потенциально алмазоносного поля и кустов тел в его пределах осуществляется с использованием критериев прогнозирования, сформулированных на основе комплексных прогнозно-поисковых моделей данных минерагенических таксонов, адаптированных к условиям (геологической обстановке, изученности) изучаемого региона. Прогнозно-поисковые модели потенциально алмазоносного кимберлитового поля и кустов тел разработаны с позиции системного подхода эмпирическим путем по результатам изучения (с учетом опыта и разработок других исследователей) закономерностей локализации проявлений алмазоносного магматизма в известных алмазоносных провинциях мира и в целом согласуются с основными представлениями об алмазообразующем процессе. Они содержат ряд достаточно устойчивых факторов (косвенных, прямых) – предпосылок и признаков, которые являются индикаторами как непосредственно самих минерагенических таксонов, так и более региональных структур (таксонов), контролирующих их позицию. Следует подчеркнуть, что только совокупность (комплекс) всех этих факторов (региональных и более локальных) позволяет наиболее достоверно осуществить прогноз искомым объектам (алмазоперспективных площадей) – в данном случае, ранга потенциально алмазоносного кимберлитового поля и кустов тел. Позиция и границы последних определяются комплексными областями совмещения на плоскости геолого-геофизических предпосылок-индикаторов (косвенных факторов) этих минерагенических таксонов. Степень же перспективности (заверка) выделенных таким образом алмазоперспективных площадей определяется наличием минералогических признаков (прямых факторов) в виде россыпей алмазов, ореолов минералов-индикаторов кимберлитов, генетически связанных с заверяемыми объектами.

Таким образом, процесс локализации на площади работ – севере Оленёкского поднятия, прогнозируемого потенциально алмазоносного поля и кустов тел в его пределах (искомых объектов) включал следующие этапы: адаптацию прогнозно-поисковых моделей данных минерагенических таксонов к условиям изучаемого региона; выделение геолого-геофизических индикационных предпосылок искомым объектам; определение позиции и границ последних.

При *адаптации* модельных представлений к условиям севера Оленёкского поднятия авторами были рассмотрены данные других исследователей по изучению закономерностей локализации алмазоносного магматизма Якутской алмазоносной провинции Сибирской платформы. Оценена возможность выделения на изучаемой площади тех или иных косвенных индикационных факторов согласно ее геолого-геофизической изученности и имеющимся материалам. В результате было принято, что при проведении прогнозных построений на севере Оленёкского поднятия приоритет может быть отдан глубинным геолого-геофизическим индикационным предпосылкам. Подобное положение обусловлено тем, что, с одной стороны, алмазообразующая система связана с мощным мантийно-корovým процессом, «следы» которого могут быть выделены на основе комплексной интерпретации разнообразной геолого-геофизической информации. С другой стороны (как показал многолетний опыт работ ФГУП ЦНИГРИ по созданию разноранговых прогнозно-поисковых моделей минерагенических таксонов), большинство глубинных геолого-геофизических предпосылок являются «сквозными». Отмечено, что в различных регионах (независимо от тектонических и поисковых обстановок) они участвуют в контроле алмазоносного магматизма различного состава и возраста. В этом отношении они могут использоваться и на севере Оленёкского поднятия Сибирской платформы при выявлении нетрадиционных для России месторождений алмазов триасового возраста.

Выделение на севере Оленёкского поднятия глубинных геолого-геофизических предпосылок для прогнозирования алмазоперспективных площадей ранга потенциально алмазоносного поля и кустов тел в его пределах проводилось на основе анализа фондовых и опубликованных разномасштабных материалов по глубинному и тектоническому строению изучаемого региона. Были рассмотрены интерпретационные данные глубинных сейсмических исследований, тепловых съемок, различные схемы тектонического районирования, представления о глубинном строении литосферы по данным интерпретации геофизических съемок. Также проводился анализ и интерпретация аномальных особенностей гравитационного (полученного по результатам гравиметрических съемок масштаба 1:200 000) и магнитного (полученного по результатам аэромагнитных съемок масштаба 1:25 000–1:10 000)

полей. Вычислялась серия трансформант этих геофизических полей, характеризующих их региональные и локальные составляющие различной частотности. Выполнялось физико-математическое моделирование аномального магнитного поля (по данным аэромагнитной съемки масштаба 1:10 000) с определением эффективной намагниченности образований кристаллического фундамента и вычислением остаточного магнитного поля, отражающего распределение магнитных характеристик в верхней части разреза осадочного чехла. Выявленные в процессе обобщения, анализа и интерпретации перечисленных материалов глубинные геолого-геофизические предпосылки подразделялись (по проявленности в плане) на площадные и линейные. В свою очередь, площадные и линейные предпосылки, согласно модельным представлениям, подразделялись на предпосылки-индикаторы прогнозируемого потенциально алмазоносного поля и на предпосылки-индикаторы прогнозируемых кустов тел в его пределах.

При выделении площадных предпосылок предпочтение отдавалось тем факторам, которые с одинаковой достоверностью могут быть отражены по всей территории в картографическом виде. Среди региональных факторов рассматривались только те из них, которые имеют ограниченное распространение в пределах изучаемой площади. Следует отметить, что в характеристиках некоторых элементов глубинного строения (их планового положения) севера Оленёкского поднятия, приводимых в основном в фондовых материалах разных лет (А.В.Манаков и др., 1992; С.А.Граханов и др., 2010 и др.), существует ряд расхождений. Это, прежде всего, относится к особенностям морфологии поверхностей Мохоровичича (подшвы земной коры) и внутрикоровых границ, учитывающихся при выделении площадных глубинных индикационных факторов для прогнозирования потенциально алмазоносных полей. Поэтому при проведении прогнозных построений авторы постарались дать суммарную (по-видимому, наиболее достоверную) оценку тем или иным особенностям глубинного строения литосферы, используя различные (приводимые в разных работах) представления об их характеристиках.

Таким образом (согласно модельным представлениям), при локализации на севере Оленёкского поднятия прогнозируемого потенциально алмазоносного поля в качестве площадных индикационных предпосылок выделялись следующие:

С использованием фондовых и опубликованных материалов: области с повышенной (>140 км) мощностью литосферы и консолидированной земной коры (>40 км); области с повышенными (>42 км) глубинами залегания подошвы земной коры (поверхности Мохоровичича); области с относительно пониженными (13–15 км) глубинами залегания подошвы верхней коры, поверхности Конрада (<28 км) и поверхности докембрийского кристаллического фундамента (<3 км).

По данным интерпретации потенциальных (гравитационного и магнитного) полей: положительная низкочастотная (с периодом 50–60 км, обусловленная коровыми неоднородностями) аномалия поля силы тяжести; региональные области нарушения аномального плана горизонтального градиента поля Δg и пониженных значений намагниченности кристаллического фундамента; депрессия магнитоактивной поверхности.

При локализации кустов тел в пределах прогнозируемого потенциально алмазоносного поля в качестве площадных индикационных косвенных факторов рассматривались локальные положительные аномалии поля силы тяжести, локальные области пониженной намагниченности кристаллического фундамента и нарушения аномального плана в градиентных характеристиках поля силы тяжести.

В качестве *линейных структур, которые могут контролировать на изучаемой площади позицию прогнозируемого кимберлитового поля*, по геофизическим данным выделены две *региональные тектонические зоны, проявленные (по крайней мере) в верхних горизонтах земной коры* (см. рис. 2). Их картирование проводилось на основе анализа аномальных особенностей поля силы тяжести, магнитного поля и их трансформант, а также модели распределения намагниченности в верхнем слое земной коры (в кристаллическом фундаменте).

Одна из выделяемых региональных тектонических зон имеет север-северо-восточное простирание. Ее ширина составляет порядка 25–35 км. В поле силы тяжести она проявлена системой чередующихся полосовых аномалий повышенных и пониженных значений локальной составляющей. По всей видимости, данная линейная структура является одним из элементов строения известной Далдыно-Оленёкской кимберлитоконтролирующей зоны. В пределах нее (юго-западнее изучаемой площади) расположено Хорбусонское кимберлитовое поле с кимберлитовыми телами юрского возраста. Другая региональная тектоническая зона имеет северо-западное простирание. Ее ширина составляет 12–15 км. В региональной составляющей поля силы тяжести она проявлена зоной горизонтального градиента. В магнитном поле – региональной зоной потери прослеживаемости линейных локальных аномалий других простираний. В плане она коррелируется с геологической границей между Оленёкским сводовым поднятием и Лено-Анабарским прогибом и, по-видимому, может быть проинтерпретирована как зона краевых дислокаций Лено-Анабарской тектонической области палеозойско-мезозойской тектономагматической активизации. Граница последней по геофизическим данным проводится северо-восточнее площади работ.

Рассмотренные региональные зоны на изучаемой площади образуют тектонический узел, который наряду с другими факторами может контролировать позицию прогнозируемого потенциально алмазоносного поля.

В качестве *линейных структур, которые могут контролировать локализацию прогнозируемых кустов тел в пределах прогнозируемого кимберлитового (лампроитового) поля* (рис. 3), выделены зоны (*деструктивные, ослабленные*) повышенной проницаемости, проявленные в осадочном чехле. Их выделение проводилось преимущественно на основе интерпретации материалов аэромагнитной съемки масштаба 1:10 000. При этом учитывалась степень выраженности этих элементов в речной сети, в рельефе, в геологическом строении территории работ. Большая часть ослабленных зон осадочного чехла является зонами динамического влияния рассмотренных выше коровых региональных тектонических зон. Они картируются в пределах контуров последних и имеют согласные с ними простирания.

Выделенные по комплексу данных зоны повышенной проницаемости осадочного чехла по своим масштабам и характеристикам подразделены на ряд групп и подгрупп. Зоны *первого порядка* имеют преимущественно северо-западное, субмеридиональное и северо-восточное простирания. Протяженность этих зон составляет порядка 20–60 км и более, ширина – 2–5 км. Также среди ослабленных зон осадочного чехла первого порядка выделяются зоны, контролируемые погребенными интрузиями базитов, выделяемыми по магнитометрическим данным. Протяженность этих зон порядка 20–40 км, ширина – 2–3 км. Эти зоны имеют северо-западное (ближе к широтному) и северо-северо-восточное простирания. К зонам *второго порядка* отнесены маломощные (узкие) непротяженные деструктивные элементы осадочного чехла различных простираний. Среди них выделяются проницаемые зоны осадочного чехла, контролируемые дайками долеритов, минерализованные зоны, отдельные разрывные нарушения, зоны трещиноватости и дробления без признаков приуроченности к ним магматических проявлений. Последние имеют, в основном, сдвиговый или сбросо-сдвиговый характер, осложняют прочие проницаемые зоны осадочного чехла, местами ограничивая их простирание. *Сдвиговый характер разрывных нарушений является по существующим представлениям благоприятным фактором для формирования проницаемых участков типа пулл-апарт структур, в особенности в узлах пересечения с другими зонами. По существующим представлениям данные структурные узлы являются благоприятными предпосылками для локализации кустов кимберлитовых тел.*

На площади работ *рассмотренные зоны повышенной проницаемости осадочного чехла различных простираний формируют ряд тектонических узлов различного ранга, которые наряду с другими факторами могут контролировать позицию прогнозируемых локальных участков ранга «куста» кимберлитовых тел.*

Определение позиции и границ прогнозируемых потенциально алмазоносного кимберлитового (лампроитового) поля и участков, перспективных для ло-

кализации кустов тел, определялись комплексными областями совмещения на плоскости выделенных площадных предпосылок-индикаторов (индикационных факторов) соответствующих минерагенических таксонов. При комплексировании площадных предпосылок авторами использовался прием их последовательного компьютерного суммирования. Суммирование предпосылок, определяющих позицию прогнозируемого поля и кустов тел, производилось отдельно. В процессе суммирования проводилось кодирование каждого фактора путём создания регулярной сети со значащими значениями внутри областей распространения фактора и нулевыми значениями за их пределами (составление цифровых матриц). Учитывалась степень достоверности выделения кодируемого фактора (например, при неоднозначности того или иного фактора, выделенного разными исследователями) через увеличение или уменьшение значения внутри области его распространения. Затем проводилось суммирование закодированных благоприятных факторов-индикаторов и их нормирование при помощи математического аппарата (например, стандартного отклонения от среднего), построение схем комплексного показателя совмещения геолого-геофизических предпосылок-индикаторов прогнозируемых алмазоперспективных площадей (например, в изолиниях стандартного отклонения от среднего).

В результате выполненного *комплексирования площадных геолого-геофизических предпосылок-индикаторов кимберлитового поля* (см. рис. 2) в центральной части площади работ выделена область размером в поперечнике порядка 40 км, характеризующаяся аномалией пространственного совмещения (в единицах стандартного отклонения от среднего) суммируемых факторов. Данная область совмещается с узлом пересечения рассмотренных региональных тектонических (кимберлитоконтролирующих) зон северо-восточного и северо-западного простираний, а также с кольцевой структурой размером в поперечнике порядка 40 км. Последняя выделена на площади работ по магнитометрическим данным. Отмечается некоторая закономерность в распределении погребенных базитовых интрузий, выявляемых по геофизическим данным. Часть из них приурочены к ядерной части этой кольцевой структуры, а часть из базитовых интрузий тяготеет к ее центрам. Это, по-видимому, позволяет сделать предположение об очаговой природе как самой (выделенной по магнитометрическим данным) кольцевой структуры, так и области, характеризующейся наибольшим совмещением на плоскости рассмотренного выше комплекса площадных индикационных факторов. Последняя соответствует прогнозируемому – Келимярскому, потенциально алмазоносному полю.

В результате *комплексирования геолого-геофизических предпосылок, используемых при локализации кустов тел* (см. рис. 3), в пределах контура прогнозируемого Келимярского кимберлитового (лампроитового)

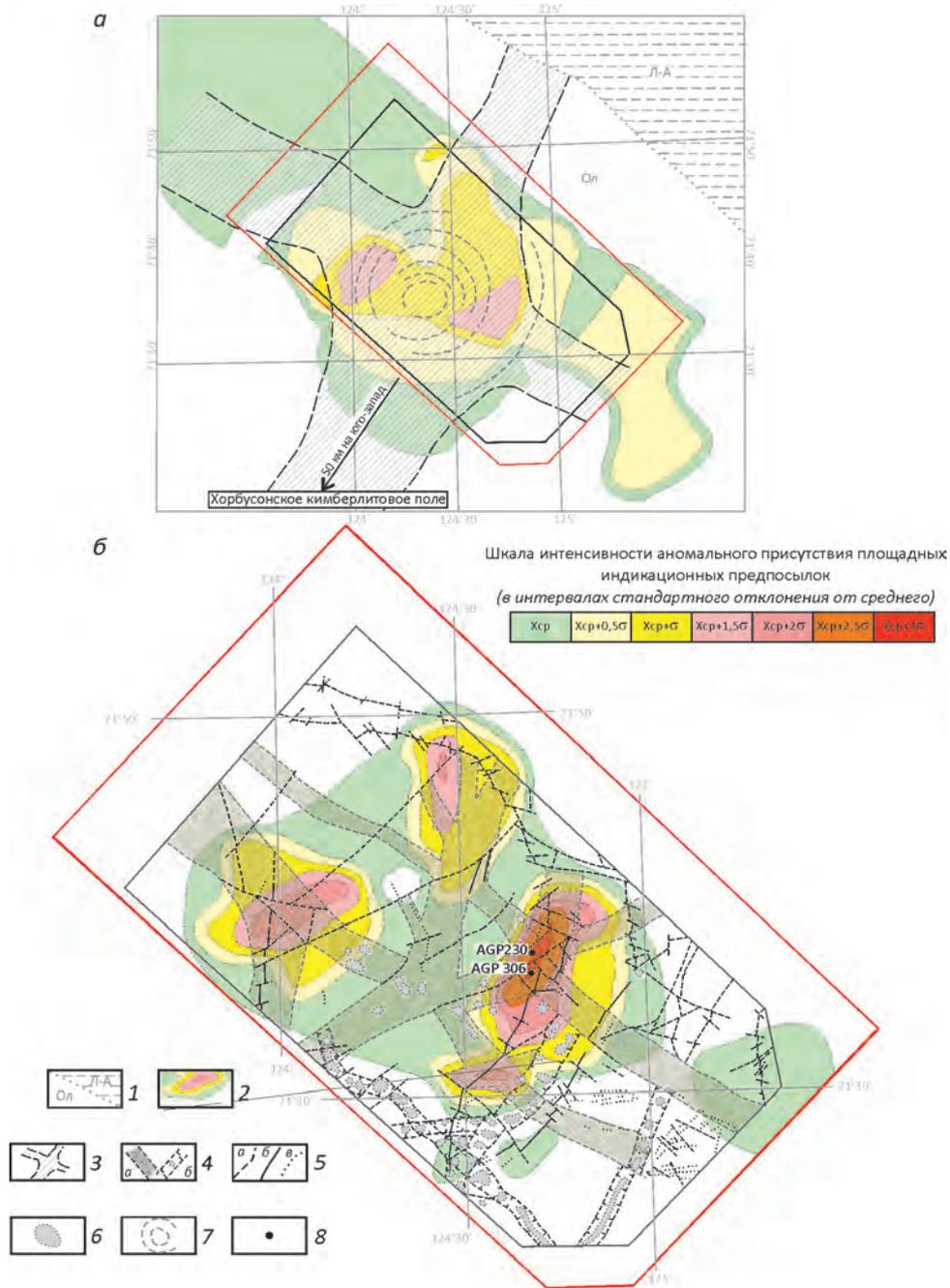


Рис. 3. Комплексование геолого-геофизических предпосылок, использованных при прогнозировании Келимьярского потенциально алмазоносного поля (а) и локальных участков ранга куста тел в его пределах (б):

1 – надпорядковые структуры земной коры: Ол – Оленёкский относительно стабильный блок, Л-А – Лено-Анабарская область палеозой-мезозойской тектономагматической активизации; 2 – аномалии, отражающие степень пространственного совмещения индикационных предпосылок; 3 – региональные тектонические зоны кристаллического фундамента, контролирующие позицию прогнозируемого Келимьярского потенциально алмазоносного поля; 4–5 – зоны повышенной проницаемости осадочного чехла, контролирующие позицию прогнозируемых локальных участков ранга куста тел: 4 – первого порядка: а – в целом, б – контролируемые погребенными интрузиями базитов, 5 – второго порядка: а – сбросового и сдвигового типов, б – интродированные дайками долеритов, в – минерализованные зоны; 6 – погребенные интрузии базитов предположительно раннепалеозойского возраста; 7 – кольцевая структура, выделенная по магнитометрическим данным; 8 – положение перспективных аэромагнитных аномалий, при заверке которых бурением были вскрыты кратерные части кимберлитовых трубок

поля выделены четыре области площадью от 18 до 180 км², характеризующиеся аномалиями пространственного совмещения (в единицах стандартного отклонения от среднего) суммируемых факторов. Данные области имеют плановое совмещение с узлами пересечения рассмотренных выше зон повышенной проницаемости осадочного чехла различных порядков и по совокупности косвенных геолого-геофизических факторов (предпосылок) могут определять позицию участков, перспективных для локализации прогнозируемых кустов потенциально алмазоносных тел. В пределах одного из этих участков, охватывающего верховья р. Никабыт, выделена область с наибольшей степенью совмещения суммируемых косвенных факторов площадью порядка 72 км², которая рассматривается авторами в качестве прогнозируемого (Верхненикабытского) куста потенциально алмазоносных тел.

Следует отметить, что выполненный по косвенным геолого-геофизическим факторам (предпосылкам) прогноз подтверждается прямыми признаками коренной алмазоносности. В пределах прогнозируемого Верхненикабытского куста тел при заверке бурением двух локальных магнитных аномалий (AGP 230 и AGP 306) на глубинах 4,0–10,2 м вскрыты вулканогенно-осадочные породы с большим количеством материала ультраосновного состава, представленного измененными оливином, хлоритизированными обломками (лапиллями) щелочно-ультраосновных пород. По своему стратиграфическому положению данные породы расположены на уровне нижнего триаса и обладают аномально высокой ($20\,000\text{--}30\,000 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ) магнитной восприимчивостью.

На основании петрографического описания шлифа, вскрытые породы представляют собой ксенотуфобрекчии и, по-видимому, относятся к кимберлит-лампроитовому семейству, но по ряду признаков ближе к лампроитам. Главная особенность исследуемых пород – их глубокое преобразование под влиянием многоэтапных метасоматических процессов и выветривания. Полистадийная карбонатизация и ожелезнение отчетливо фиксируется в шлифах и подтверждается данными силикатного анализа. Предполагается, что данные породы были сформированы в результате вулканического процесса и соотносятся с кратерной частью тела кимберлита (лампроита). Скважиной, скорее всего, вскрыта только верхняя или боковая часть тела.

К сожалению, по данным анализа химического состава этих пород дать однозначную характеристику их принадлежности не представляется возможным, так как они являются не магматическими, а метасоматическими. Процессы метасоматоза привели к значительному выносу кремнезема, магнезия и щелочей, что отчетливо наблюдается в шлифах и выражается в карбонатизации породообразующих минералов и связующей массы. О щелочном и высокотитанистом первичном составе исследуемых пород свидетельствует высокое содержание фосфора, бария и очень высокое

– титана. Кимберлит-лампроитовый первичный состав пород подтверждается данными по содержаниям и соотношениям малоподвижных некогерентных элементов, определенных методом JCP MS. Только для этих пород характерно сочетание высоких содержаний элементов, свойственных ультраосновным (Cr, Ni) и щелочным породам (Sr, Zr, редкие земли, Th). Эти особенности и сходство с рядом кимберлитов Алакитского, Огоньер-Юряхского, Чомурдахского полей Якутии, Форспойд Южной Африки и лампроитов Австралии видны на диаграммах (рис. 4). Некоторое отличие по отношениям легких и тяжелых редких земель, возможно, объясняется примесью материала коры.

Более подробная характеристика этих пород приведена в статье Ю.Ю.Голубевой и Т.И.Колесниковой «Вещественный состав кратерных частей возможных коренных источников алмазов триасового возраста на севере Оленёкского поднятия (Якутия)», публикуемой в этом же номере журнала. В целом можно отметить, что особенности положения и состава вскрытых пород позволяют предположить, что была вскрыта мааровая структура, то есть структура валика, обрамляющая жерловую часть кимберлитового тела [7, 21]. Следует также добавить, что в ходе опробования поверхности водоразделов были установлены локальные ореолы рассеяния пиропов, прослеживающиеся на первые километры от заверенных аномалий.

Работы по *районированию территории по условиям ведения поисков* и связанные с этим палеогеографические реконструкции позволили обосновать потенциальную алмазоносность вскрытых объектов.

Основной упор при проведении районирования территории по условиям ведения поисков был сделан на выделение динамических типов поверхностных осадков, так как формирование ореолов рассеяния алмазов и минералов-индикаторов кимберлитов различной дальности транспортировки напрямую связано с особенностями седиментации вмещающих их отложений. Наибольшее внимание при этом было уделено особенностям формирования толщи поверхностных кайнозойских отложений, а также особенностям заложения и развития гидросети, так как опробование гидросети является основным методом для получения минералогической информации о наличии искомым объектов и определения перспектив их алмазоносности (рис. 5).

Следует заметить, что строение речных долин в Арктической зоне Якутии, в которых известны россыпи алмазов, имеет определенную специфику. Анализ строения долин, где известны россыпи алмазов, основанный на их описаниях, выполненных ОАО «Алмазы Анабара», а также опыт работ, полученный в ходе работ на севере Оленёкского поднятия, показал, что зачастую россыпи алмазов локализуются в долинах трапецевидной формы. Для них характерно плоское днище, в пределах которого имеются озеровидные расширения, соединяющиеся между собой небольшими водотоками.

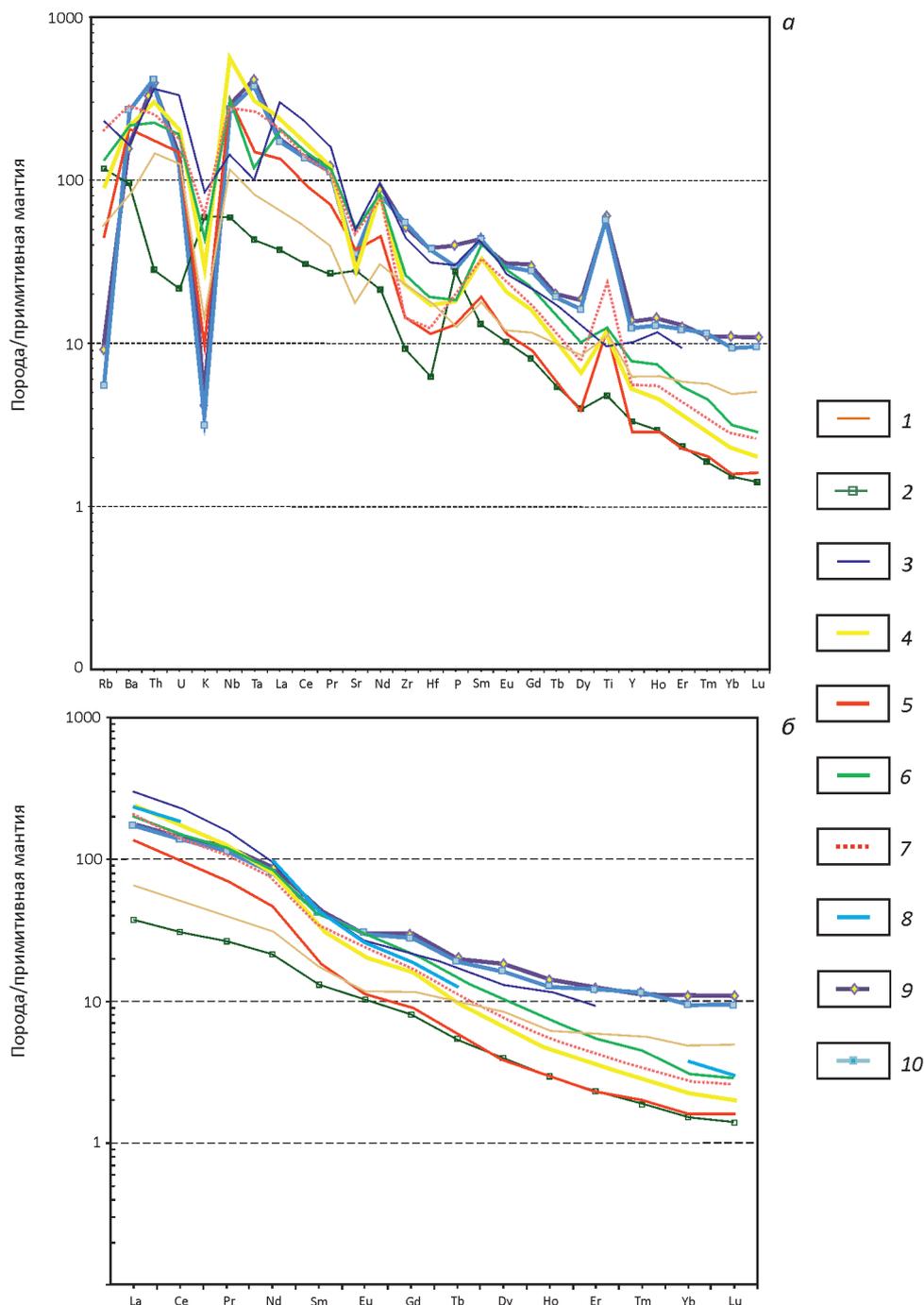


Рис. 4. Распределение редких и редкоземельных (а) и редкоземельных (б) элементов в ксенотуфобрекчиях р. Никабыт в сравнении с кимберлитами и лампроитами Среднего Тимана, Якутской алмазоносной провинции (ЯАП), Австралии, Южной Африки (район Кроонстад):

диаграммы распределения редких и редкоземельных элементов: 1–7 – в кимберлитах: 1 – тр. Умбинская (Средний Тиман), 2 – тр. Нюрбинская (ЯАП, Накынское поле), 3 – тр. Фоорспойд (Южная Африка), 4 – тр. Молодость (ЯАП, Алакитское поле), 5 – тр. Зарница (ЯАП, Далдынское поле), 6 – тр. Чомур (ЯАП, Чомурдахское поле), 7 – дайки Ан. 5 (ЯАП, Огоньер-Юряхское поле) и 8 – в оливиновых лампроитах тр. Аргайл (Австралия, Зап. Кимберли); 9–10 – диаграммы распределения редких и редкоземельных элементов в ксенотуфобрекчиях р. Никабыт: 9 – аномалии АGR 306 (интервал керна 10,5–11,1 м), 10 – аномалии АGR 230 (интервал керна 4,8–6,5 м); нормирование содержаний редких и редкоземельных элементов проведено по составу примитивной мантии (С.Р.Тейлор, С.М.Мак-Леннан, 1988)

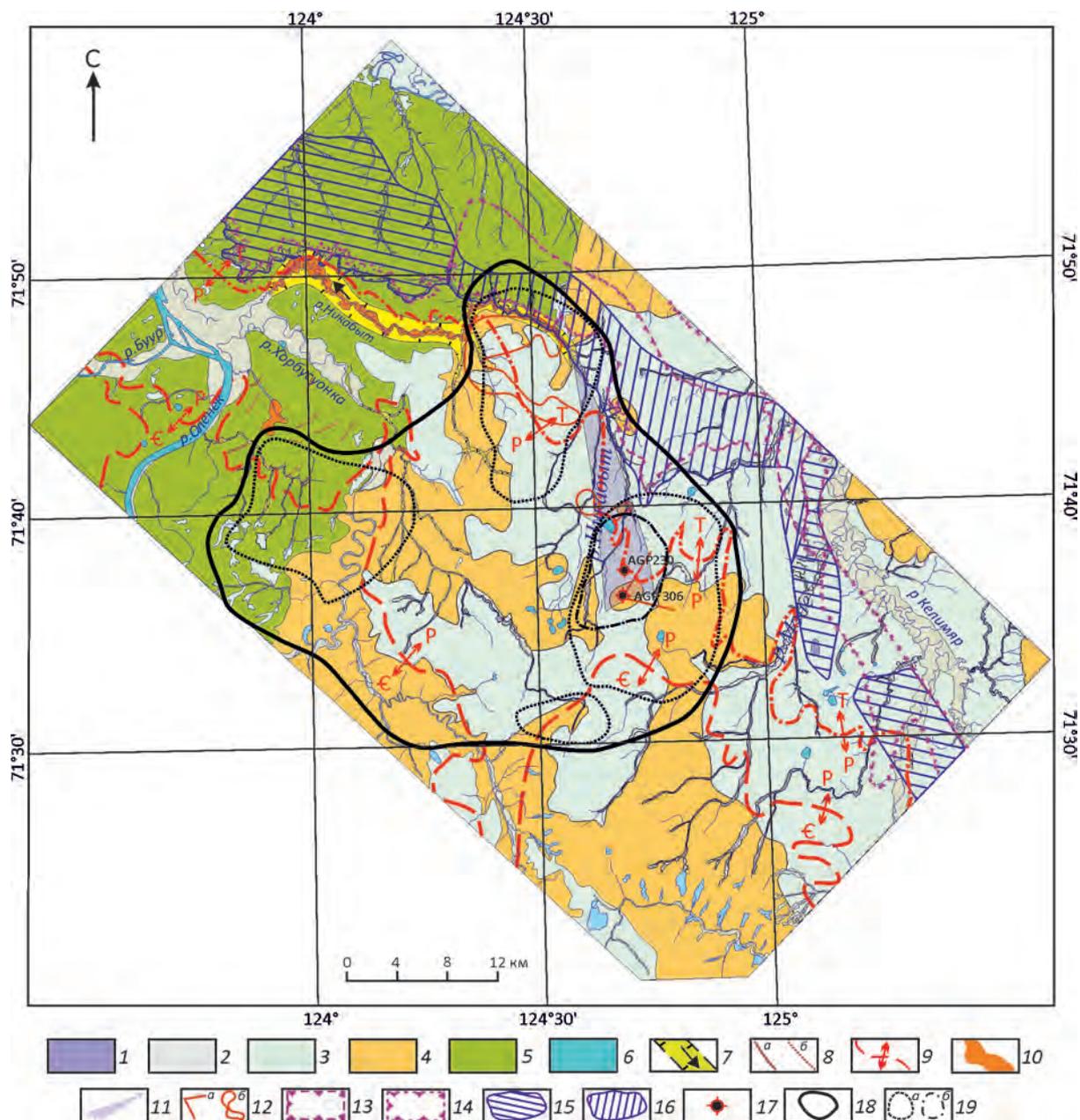


Рис. 5. Схема районирования площади работ на севере Оленёкского поднятия по условиям ведения поисков:

1–6 – литолого-стратиграфические подразделения: 1 – коренные выходы пород булунканской свиты, 2 – аллювиальные отложения, 3 – озерно-ледниковые отложения, 4 – отложения основной морены, 5 – покровные зандры, 6 – нивационно-солифлюкционные отложения; 7 – отложения долин стока талых ледниковых вод и катастрофических спусков временных ледниковых озер с направлением потоков воды; 8 – озы: а – выделенные на основе полевых наблюдений, б – предполагаемые; 9 – выходы дочетвертичных пород и их границы; 10–12 – минералогические признаки: 10 – контуры россыпей алмазов по долинам рек, выделенные на основе мелкообъемного опробования аллювия и четвертичных отложений, 11 – направления сноса алмазов с прогнозируемых кимберлитовых тел потоками катастрофического типа, 12 – ореолы пиропов: а – конусообразный, б – ареал развития пиропов; 13–14 – содержание алмазов в погребённых россыпях прибрежно-морского генезиса по данным (С.А.Граханов и др., 2010): 13 – низкие и средние (от 0,2 до 1,0 кар/м³), 14 – убогие (до 0,2 кар/м³); 15–16 – россыпь прибрежно-морского генезиса булунканской свиты рэтского яруса верхнего триаса по данным С.А.Граханова и др. (2010) с уточнениями ФГУП ЦНИ-ГРИ, ранжированная по содержаниям алмазов: 15 – с низкими и средними (от 0,2 до 1,0 кар/м³), 16 – с убогими (до 0,2 кар/м³); 17 – аномалии AGP 306 и AGP 230; 18–19 – прогнозируемые по комплексу геолого-геофизических предпосылок: 18 – Келимарское потенциально алмазоносное кимберлитовое (лампроитовое) поле, 19 – участки возможной локализации «кустов» тел (а) и потенциально алмазоносный Верхникабытский «куст» тел (б)

Днище долин выполнено валунно-галечным материалом, в составе которого и локализуются алмазные россыпи. При этом грубообломочный материал зачастую имеет экзотический характер, что свидетельствует о его достаточно дальнем переносе.

Формирование подобных долин, как правило, связано с катастрофическими спусками временных ледниковых озер. Отложения *катастрофических спусков* временных ледниковых озер широко известны в пределах Северной Америки, где они хорошо изучены и получили название спиллвеев [14–16, 18–20, 22]. К сожалению, в русскоязычной литературе описания подобных образований отсутствуют. Формирование спиллвеев происходит при разрушении в процессе таяния ледниковых бортов озера. При этом осуществляется сброс воды по типу селевого потока, в движение приводится мореносодержащий лед из состава борта озера, а также мобилизуются осадки, выполняющие дно озера. Протяженность спиллвеев составляет сотни километров. Ширина наиболее углубленного внутреннего канала колеблется от 0 до 5 км, поток воды растекается над водораздельными пространствами на ширину до 10 км. Отложения спиллвеев представлены несортированным гравийно-галечно-валунным материалом с песчаным заполнителем. Какая-либо слоистость отсутствует. Для долин спиллвеев характерна трапециевидная форма долины. Распределение минералов тяжелой фракции от источника захвата в спиллвеех недостаточно хорошо изучено. В то же время потоки, с которыми связываются спиллвеев, относятся к категории водно-гравитационных. В русскоязычной литературе подобные образования носят название гляциоселевых потоков и также относятся к категории водно-гравитационных потоков [6]. Следует отметить, что распределение материала тяжелой фракции, к которой относятся алмазы и минералы-индикаторы кимберлитов в составе осадков водно-гравитационных потоков, заметно отличается от распределения в осадках, связанных с аллювиальными и прибрежно-морскими обстановками осадконакопления [3]. Для потоков подобного типа известно достаточно специфическое распределение компонентов тяжелой фракции от источника захвата. Наиболее четко это было изложено в работах Г.Ли [17] по изучению распределения пиропов, золота и обломков дунитов в осадках озера Мунро в Канаде. Спецификой этого распределения оказалось то, что максимальные концентрации пиропов возникают на расстоянии до 10 км от источника захвата, далее они прослеживаются на расстоянии до 100 км. Схожие данные по распределению пиропов по долине стока талых ледниковых вод на Среднем Тимане были получены Ю.К.Голубевым с соавторами [5].

В водно-гравитационном потоке материал тяжелой фракции не имеет четкой приуроченности к базальным частям толщи. В результате в составе сформированного осадка она распределена по всей его толще. Зачастую наблюдается её гнездообразное распределение. Есте-

ственно, что последующий перемыл данных отложений современной рекой сглаживает такое распределение.

В процессе районирования территории севера Оленёкского поднятия были выделены типы долин. Особое внимание было уделено долинам с трапециевидным поперечным профилем. Именно в подобной долине, в среднем течении р. Никабыт, была обнаружена богатая россыпь алмазов. Ширина долины колеблется от 600 до 1000 м. Осадки, выполняющие долину, представлены валунно-гравийно-галечно-глыбовыми образованиями, суглинками с мелкой галькой, глыбово-щебнисто-галечными, дресвяно-щебнисто-галечными и другими подобными отложениями. Заполнение долины материалом такого типа связывается с прохождением по ней водно-гравитационного потока (гляциоселя), обусловленного катастрофическим спуском временного ледникового озера, осадки которого фиксируются в верховьях долины. Данный факт подтверждается изучением береговых обнажений в пределах долины р. Никабыт. Так, в одном из обнажений была задокументирована толща осадков, состоящая из незакономерно чередующихся линз, гнезд, прослоев материала с абсолютно разной гранулометрией: суглинки, песок с галькой, гравийно-песчано-галечный и песчано-гравийный с галькой материал и др. (рис. 6).

В результате опробования гидросети и четвертичных отложений было извлечено 554 кристалла алмазов общим весом 100,46 карат. Алмазы по своей морфологии и гранулометрии аналогичны алмазам россыпи р. Эбелях.

Также были обобщены материалы по опробованию долины р. Никабыт, выполненные предшественниками. Все эти материалы позволили выполнить оценку прогнозных ресурсов алмазов долины этой реки по категориям P_1 и P_2 . Были выявлены следующие основные особенности в распределении алмазов по долине. Во-первых, алмазы установлены как в верхних, так и в нижних слоях продуктивных отложений. Во-вторых, содержания алмазов в погребенных отложениях долины, а также во флювиогляциальных осадках (по отдельным пробам) превышают содержания в современном русле. Подобные закономерности наиболее характерны для потоков водно-гравитационного типа, что подтверждает высказанное выше заключение: формирование данной россыпи связано с водно-гравитационным потоком, возникшем при катастрофическом спуске временного ледникового озера.

Наличие ледникового палеоозера было установлено в ходе проведения геолого-геоморфологических маршрутов. В пределах водораздельных пространств обнаружены отложения основной морены, представленные супесями и суглинками серо-коричневого цвета, содержащих валунно-галечный материал. Кроме того, были описаны озерные осадки, представленные неслоистым алевритовым материалом серого цвета, с редкими включениями гравийных зерен. Данное

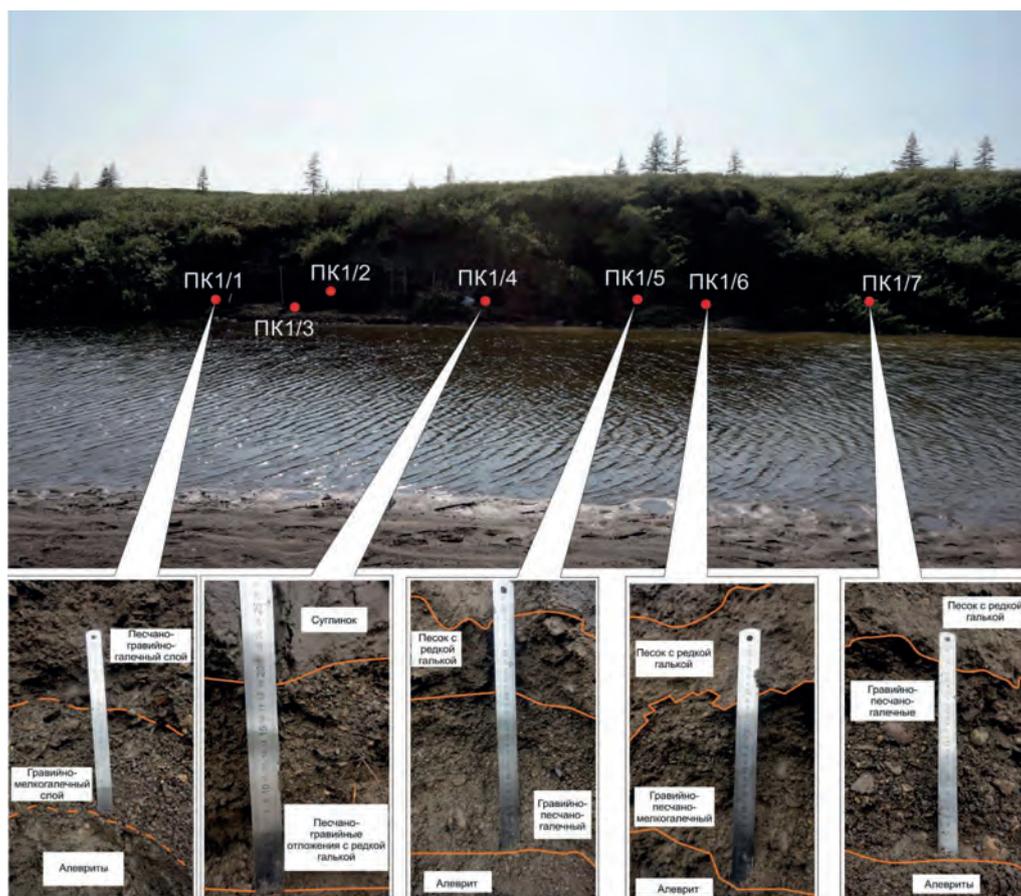


Рис. 6. Алмазоносные отложения водно-гравитационного потока в береговом разрезе долины р. Никабыт. Фото ОАО «Алмазы Анабара»

палеозеро располагалось над участком, который на основании геолого-геофизического районирования был выделен как Верхненикабытский куст кимберлитовых (лампроитовых) тел. Предполагается, что в процессе спуска палеозера произошел частичный размыв озерных осадков, а также морены и верхних горизонтов кимберлитовых (лапроитовых) тел, кратерные части которых были вскрыты бурением. В результате данного процесса была сформирована россыпь алмазов реки Никабыт. Следует также подчеркнуть, что к Верхненикабытскому кусту тел примыкает наиболее богатая часть россыпи алмазов в составе булунканской свиты рэтского яруса верхнего триаса, известная ранее.

Потенциальная связь россыпи долины р. Никабыт, а также россыпи рэтского возраста с Верхненикабытским кустом тел позволила дать оценку прогнозных ресурсов этого куста.

Таким образом, основные результаты работ по объёму следующие:

Обоснована возможность обнаружения в пределах Арктической зоны Якутии коренных месторождений алмазов кимберлитового типа триасового возраста, явля-

ющихся потенциальным источником богатых россыпей так называемых «северных» алмазов (Эбеляхский тип).

На основе геолого-геофизических предпосылок (косвенных факторов) локализовано Келимярское потенциально алмазоносное кимберлитовое поле. В его пределах локализован Верхненикабытский куст потенциально алмазоносных тел.

В пределах куста вскрыты кратерные части двух кимберлитовых трубок.

С Верхненикабытским кустом связаны: богатая россыпь алмазов (Эбеляхский тип) долины реки Никабыт и россыпь алмазов в прибрежно-морских отложениях рэтского яруса верхнего триаса (булунканская свита).

Оценены и апробированы прогнозныe ресурсы коренных алмазов Верхненикабытского куста – 78 млн. карат по категории P_2 , россыпи долины р. Никабыт: P_1 – 1 190 тыс. м³ песков и 797,3 тыс. карат алмазов, P_2 – 2 604 тыс. м³ песков и 677,04 тыс. карат алмазов, P_3 – 5 879 тыс. м³ песков и 940,64 тыс. карат алмазов.

Разработаны рекомендации по прогнозированию и поискам коренных источников алмазов россыпью Эбеляхского типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваганов В.И. Алмазные месторождения России и мира (основы прогнозирования). – М.: ЗАО Геоинформмарк, 2000.
2. Голубев Ю.К. Перспективы создания новой минерально-сырьевой базы алмазов в арктической зоне Якутии // Руды и металлы. 2015. № 1. С. 36–44.
3. Голубев Ю.К. Ореолы рассеяния минералов-индикаторов кимберлитов в ледниковых и водно-ледниковых отложениях // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. – Воронеж, 2003. С. 48–52.
4. Голубев Ю.К., Ваганов В.И., Прусакова Н.А. Принципы прогнозирования алмазоперспективных площадей на Восточно-Европейской платформе // Руды и металлы. 2005. № 1. С. 55–70.
5. Голубев Ю.К., Дьячкова И.В., Шофман И.Л. Особенности транспортировки и обработки поверхностей минералов-спутников алмаза в водно-ледниковых потоках // Труды ЦНИГРИ. 1991. Вып. 250. С. 98–108.
6. Лаврушин Ю.А., Голубев Ю.К. Особенности строения и формирования водно-ледниковых отложений // ДАН. 1996. Т. 346. № 5. С. 647–649.
7. Махоткин И.Л. Значение вулканических процессов для понимания происхождения и строения кимберлитовых трубок – на примере трубки Юбилейная // Смирновский сборник. 2008. С. 61–92.
8. Методическое руководство по прогнозированию и поискам месторождений алмазов / В.И.Ваганов, Ю.К.Голубев и др. – М., 2005.
9. Прусакова Н.А. Принципы выделения участков ранга «куста» кимберлитовых тел в Зимнебережном поле на основе структурно-геофизического районирования // Региональная геология и металлогения. 2005. № 26. С. 179–185.
10. Прусакова Н. А. Принципы локализации алмазоперспективных площадей на основе геолого-геофизических предпосылок. Сборник тезисов. Т. 1 // Мат-лы второй научно-практической конференции. Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири. – Новосибирск, 2015.
11. Прусакова Н.А. Геолого-геофизическая прогнозно-поисковая модель Зимнебережного кимберлитового поля // Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – М., 2004.
12. Прусакова Н.А. Прогнозно-поисковые модели алмазодносных таксонов как основа прогнозирования месторождений алмазов на Северо-Западе РФ // Тез. докл. Minex, 07 Forum Северо-Запад. – Петрозаводск, 2007.
13. Розен О.М., Манаков А.В., Зинчук Н.Н. Сибирский кратон: формирование, алмазодносность. – М.: Научный Мир, 2006.
14. Kehew A.E., Clayton L. Late Wisconsinan floods and development of the Souris Pembina spillway system: In Teller, J.T. and Clayton, L, eds., Glacial Lake Agassiz // Geological Association of Canada. 1983. Special Paper 26. Pp. 187–210.
15. Kehew A.E., Lord, M.L. Origin and large scale erosional features of glacial lake spillways in the northern Great Plains // Geological Society of America Bulletin. 1986. Vol. 97. Pp. 162–177.
16. Kehew A.E., Lord M.L. Glacial-lake outbursts along the mid-continent margins of the Laurentide Ice Sheet // Catastrophic Flooding: Boston, Allen&Unwin. 1987. Pp. 95–120.
17. Lee H.A. Glacifocus research // Geol. Surv. Canada Paper 67-1. Pt. A. 1967.
18. Lord M.L. Depositional record of a glacial-lake outburst: Glacial Lake Souris, North Dakota // Geological Society of America Bulletin. 1991. Vol. 99. Pp. 663–673.
19. Lord M.L., Kehew A.E. Sedimentology and paleohydrology of glacial-lake outburst deposits in southeastern Saskatchewan and northwestern North Dakota // Geological Society of America Bulletin 1987. Vol. 99. Pp. 663–673.
20. Paleohydraulics of the last outburst flood from glacial Lake Agassiz and the 8200 BP cold event / G.K.C. Clarke, D.W.Leverington, J.T.Teller, A.S.Dyke // Quaternary Science Reviews. 2004. Vol. 23. Pp. 389–407.
21. Syn- and post-eruptive volcanic processes in the Yubileinaya kimberlite pipe, Yakutia, Russia, and implications for the emplacement of South African-style kimberlite pipes / S.Kurszlauskis, I.Mahotkin, A.Y.Rotman, G.V.Kolesnikov, I.V.Makovchuk // Lithos. 2009. 112S. Pp. 579–591.
22. Teller J.T., Leverington D.W. and Mann J.D. Freshwater outbursts to the oceans from glacial Lake Agassiz and their role in climate change during the last glaciation // Quaternary Science Reviews. 2002. 21. Pp. 879–887.