



О ПЕРСПЕКТИВАХ КОРЕННОЙ АЛМАЗОНОСНОСТИ КАРЕЛЬСКОГО КРАТОНА

Н.А.Божко (МГУ), Н.А.Прусакова (ФГУП «ЦНИГРИ»)

Архейский Карельский кратон по геологическим и геофизическим характеристикам соответствует понятию «архон» — структуре согласно «правилу Клиффорда» благоприятной для локализации промышленных алмазоносных кимберлитов. Здесь имеются проявления четырех генераций непромышленных кимберлитов и лампроитов: палеопротерозойской, мезопротерозойской, неопротерозойской, вендской. Вместе с тем, в пределах кратона практически отсутствует палеозойский внутриплитный магматизм, продуктивный в плане алмазоносности для восточной части Балтийского щита. На основании анализа имеющихся факторов рассматривается потенциал коренной алмазоносности Карельского кратона и намечаются перспективные прогнозные участки.

Ключевые слова: Карельский кратон, алмазоносные кимберлиты, «правило Клиффорда», коренная алмазоносность, перспективные прогнозные участки.

Божко Николай Андреевич, bozhko@yandex.ru, Прусакова Наталья Александровна, na_prusakova@mail.ru

ON THE DIAMONDFEROUS PERSPECTIVES OF THE KARELION CRATON

N.A.Bozhko, N.A.Prusakova

The Archean Karelian craton by its geological and geophysical features corresponds completely to the term «archon» or structural unit favourable for localization of economic diamondiferous kimberlites according to «Clifford rule». There are four generations of noncommercial diamondiferous kimberlites within the Karelian craton: Paleoproterozoic, Mesoproterozoic, Neoproterozoic and Vendian. On the basis of available factors the prospects of diamond deposits in the Karelian craton is reviewed and perspective localities are planned.

Key words: Karelian craton, diamondiferous kimberlites, «Clifford rule», diamond deposits, perspective localities.

Карельский кратон занимает особое место при прогнозировании коренных месторождений алмазов в восточной части Балтийского щита. Эта типичная область архейской консолидации, наиболее благоприятная, согласно «правилу Клиффорда», для потенциальной алмазоносности. В пределах подобных структур локализована значительная часть месторождений алмазов мира. Однако, несмотря на многолетние исследования, в пределах Карельского кратона промышленная алмазоносность до сих пор не установлена. В то же время, в последние годы получены новые данные по геологии, глубинному строению и алмазопоявлениям на его территории. Затронутая авторами ранее проблема перспектив коренной алмазоносности Карельского кратона [2] в данной статье рассматривается с учетом анализа имеющихся геолого-геофизических данных.

Геологическое строение Карельского архейского кратона отражено во многих публикациях, поэтому ограничимся краткими сведениями по этому вопросу, необходимыми для дальнейшего изложения. Кратон расположен в восточной части Балтийского щита, вытянут в север–северо-западном направлении, на юго-западе граничит с областью

Свекофеннид, на северо-востоке — с Беломорско-Лапландским подвижным поясом, отделяющим его от Кольского кратона (рис. 1). Современные геологические его ограничения не соответствуют, по-видимому, более значительной реальной площади занимаемой им архейской коры, на которой развивались внешние окраинные зоны Свекофеннского и Беломорского поясов.

Фундамент Карельского кратона представляет типичную гранит-зеленокаменную область — сложное сочетание гранитогнейсовых ареалов и собственно зеленокаменных поясов. В современном эрозионном срезе гетерогенный гранитогнейсовый комплекс основания занимает основную площадь кратона. Данный комплекс в значительном количестве содержит породы тоналит-гранодиоритового ряда (ТТГ) или «серые гнейсы» с модельным Sm/Nd возрастом более и (или) менее 3 млрд. лет.

Зеленокаменные пояса занимают около 20% площади кратона. Глубина этих структур не превышает 5–7 км. Они выполнены осадочными, вулканогенными и осадочно-вулканогенными породами лопия.

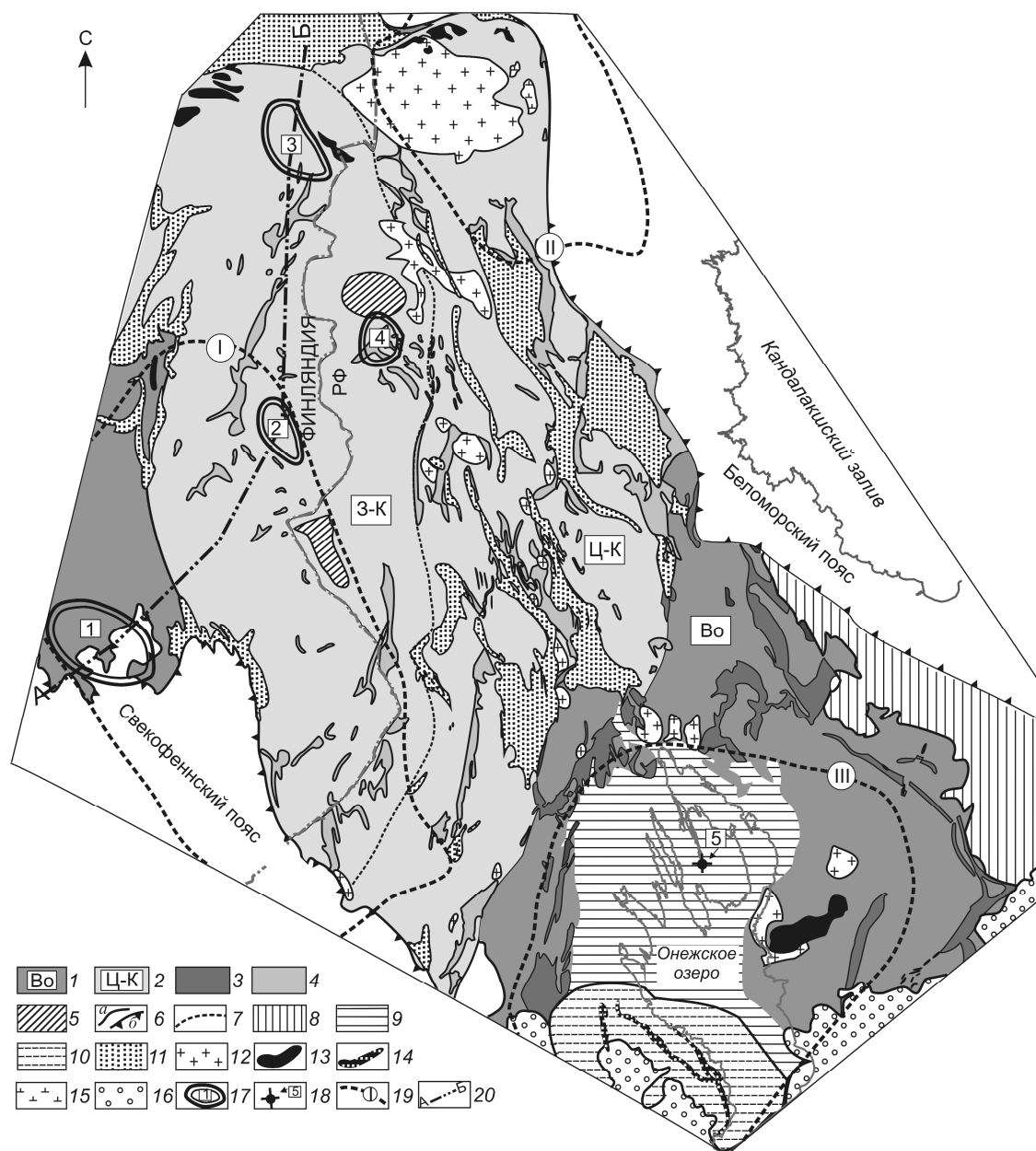


Рис. 1. Геолого-структурная схема Карельского кратона с элементами прогноза коренной алмазности:

структуры архейского фундамента (З-К — Западно-Карельский, Ц-К — Центрально-Карельский, Во — Водлозерский домены), представленные: 1 — гетерогенным гранитогнейсовым комплексом основания с породами тоналит-трондьемит-гранодиоритовой ассоциации (ТТГ) с модельным Sm/Nd возрастом >3 млрд. лет, 2 — то же, с модельным Sm/Nd возрастом <3 млрд. лет, 3 — осадочно-вулканогенными породами зеленокаменных поясов с возрастом >3–2,85 млрд. лет, 4 — то же, с возрастом <3–2,85 млрд. лет, 5 — ареалами низкобарических гранулитов; границы структур: 6 — Карельского кратона с Беломорским и Свеккофенским поясами (а — в целом, в том числе б — надвигового типа), 7 — между Западно-Карельским и Центрально-Карельским доменами Карельского кратона; структуры палеопротерозойского чехла кратона: 8 — авлакогены, 9 — Онежская эпикратонная впадина, 10 — Прионежский прогиб, 11 — присдвиговые прогибы; интрузивные породы: 12 — архейские гранитоиды, 13 — палеопротерозойские расслоенные базит-гипербазитовые интрузии, 14 — палеопротерозойские недифференцированные пластовые интрузии габбро-долеритов, 15 — палеопротерозойские пироксениты, нефелиновые сиениты; 16 — фанерозойский осадочный чехол Русской плиты; известные проявления кимберлитового и лампритового магматизма: 17 — районы и поля (1 — кимберлитов Куопио-Каави, 2 — кимберлитов-лампроитов Кухмо-Лентир, 3 — кимберлитов Куусамо, 4 — лампроитов Костомукши), 18 — Кимозерское тело кимберлитов; 19 — контуры прогнозируемых алмазоперспективных площадей (I — Западно-Карельской, II — Северо-Карельской, III — Водлозерской); 20 — линия разреза, см. на рис. 2

В настоящее время принято разделение фундамента кратона на три домена: Водлозерский, Центрально-Карельский и Западно-Карельский [11].

Водлозерский домен (протократон) выделяется как область развития древнейших на Балтийском щите пород, представленных образованиями тоналит-трондьемит-гранодиоритовой ассоциации (возраст >3 млрд. лет), среди которых преобладают тоналиты. Для гранитогнейсов ассоциации установлен один из самых древних возрастов в пределах Карельского кратона 3540 ± 90 млн. лет [11]. К западной окраине Водлозерского домена приурочена древняя Водлозерско-Сегозерская генерация зеленокаменных поясов Карелии, сформировавшихся в интервале 3,02–2,93 млрд. лет. Пояса сложены коматиитами, базальтами, андезито-базальтами, андезитами, вулканитами кислого состава, вулканогенно-осадочными породами. В составе более молодой генерации зеленокаменных поясов (2,9–2,85 млрд. лет) на северной и северо-восточной окраинах домена значительную роль играют бимодальные вулканиты. Формирование зеленокаменных поясов сопровождалось активным магматизмом основного и кислого составов, продолжавшимся и на этапе 2,85–2,7 млрд. лет.

Центрально-Карельский домен расположен между более древними Водлозерским и Западно-Карельским. На юге он граничит со Свекофеннским поясом, на севере — с Беломорским. Преобладающие породы на его площади — тоналиты, граниты и мигматиты с возрастом 2,72–2,75 млрд. лет. Основная часть Центрально-Карельского домена образовалась путем аккреции — последовательного приращения друг к другу серии позднеархейских островных дуг с запада на восток. Эта же территория испытала в раннем протерозое интенсивные процессы транспрессии.

Западно-Карельский домен занимает западную часть Карелии и Восточную Финляндию. Восточная его граница по изотопным данным проведена вдоль западного края парагнейсового пояса Иломантси-Нюк. Северная граница — условна из-за отсутствия геологических и изотопных данных. Современный эрозионный срез домена сложен архейскими породами с возрастом от 2,86 до 2,70 млрд. лет. Почти 90% пород это плутонические образования кислого и среднего составов (ортогнейсы и гранитоиды). Вместе с тем, в фундаменте домена на территории Финляндии выделяются относительно древние блоки, часть из которых сходна по возрасту (3,2–3,4 млрд. лет) и составу с Водлозерским доменом.

В фундаменте Западно-Карельского домена выделяются также сравнительно небольшие по пло-

щади ареалы изометричных очертаний, сложенные кристаллическими породами, среди которых присутствуют гранулиты. Они формировались в низкобарических и высокотемпературных условиях, что связывается с наличием локального термального плюма [8].

Наличие в фундаменте Западно-Карельского домена блоков, различающихся по возрасту слагающих пород, позволяет рассматривать его образование как результат тектонической аккреции — последовательного приращения серии позднеархейских островных дуг [11].

По тектоническому строению Карельский кратон сходен с большинством позднеархейских с «ядрами» или протократонами ранне- и среднеархейской консолидации, подобными Водлозерскому домену. Таковы блоки Токве в кратоне Зимбабве, Витс в Каапваальском кратоне, Антон в кратоне Слейв и др. При этом, вопреки логике «правила Клиффорда», максимальная плотность локализации промышленно алмазоносных кимберлитов отмечается не в центральных частях блоков, а на их флангах.

Протоплатформенный чехол Карельского кратона сложен нижнепротерозойскими слабометаморфизованными осадочными и вулканогенными породами, с резким несогласием перекрывающими архейский фундамент. В современной структуре палеопротерозойские комплексы выполняют относительно протяженные рифтогенные пояса типа авлакогенов (Ветренный пояс), разрозненные присдвиговые прогибы и отдельные впадины, наиболее крупная из которых — Онежская.

Наличие раннепротерозойского протоплатформенного чехла в пределах Карельского кратона позволяет сравнить его с другими архейскими кратонами, например Каапваальским, а Онежскую впадину с Трансваальской. Это является положительным фактором, поскольку наиболее крупные алмазоносные кимберлитовые провинции характеризуются развитием протоплатформенного или платформенного чехла, содержащего траппы.

Внутриплитный магматизм и алмазоносность Карельского кратона. Внутриплитный магматизм в пределах кратона характеризуется дискретностью и коррелируется с суперконтинентальной цикличностью. При этом в процессе развития кратона его объем уменьшается. Магматизм связан с несколькими временными уровнями: конец архея, ранний палеопротерозой, поздний палеопротерозой, ранний, средний, поздний рифей и венд. Со второй половины палеопротерозоя после обособления Карельского кратона в структуре Балтийского щита отмечается различие в характере магматизма кратона и смежных областей.

подавляющее большинство алмазных месторождений мира связаны с кимберлитами и лампроитами — продуктами внутриплитного магматизма. В пределах Карельского кратона к настоящему времени установлены алмазоносные кимберлиты и лампроиты четырех генераций [2, 7 и др.].

Кимберлиты позднего палеопротерозоя представлены Кимозерским телом алмазоносных метакимберлитов, расположенным в центральной части Заонежского полуострова в 75 км к юго-западу от г. Петрозаводск [12]. Тело приурочено к осевой части крупной пластовой интрузии габбро-диабазов, залегающей в нижнепротерозойской толще, сложенной чередующимися горизонтами черных шунгитосодержащих сланцев и потоками метадиабазов. Выход кимберлитов размером $2 \times 0,8$ км имеет блюдцеобразную форму.

Кимозерское кимберлитовое тело подразделяется на два структурных элемента: четко стратифицированную силлоподобную залежь, слагающую крылья брахиантиклинального поднятия, и центральную зону тела, представляющую собой, скорее всего, продукт заполнения подводящего канала. Стратифицированная силлоподобная залежь имеет четырехслойное строение и характеризуется довольно отчетливым единообразием слагающих ее компонентов практически по всему обрамлению структуры.

В пробах, отобранных относительно равномерно по площади тела, выявлены более 110 кристаллов алмаза размером до 2 мм (А.Г.Леонтьев, Ю.Б.Голованов и др., 2003 г.). Почти все позитивные пробы приурочены к стратифицированным горизонтам, в то время как массивные компоненты кимберлитового тела практически не алмазоносны. Происхождение Кимозерских кимберлитов, возможно, такое же, как кимберлитов Стар (Саскачеван), Токапал (Индия), Бакванга (Центральная Африка), образующих в результате эруптивных извержений согласные пластовые пирокластические залежи [20].

Возраст кимберлитов по данным Sm-Nd метода 1764 ± 125 млн. лет [12], U-Pb метода — 1986 ± 4 млн. лет [7]. Это одни из самых древних, если не самые древние, кимберлиты на Земле. Наиболее близки к ним по возрасту неалмазоносные кимберлиты провинции Куруман кратона Каапвааль в Южной Африке (1787 ± 69 млн. лет) [7].

Среднерифейские кимберлиты и лампроиты. Со среднерифейским магматизмом связаны следующие месторождения алмазов: Аргайл в Австралии, представленное оливиновыми лампроитами (1178 ± 47 млн. лет); Кришна (1224 ± 14 млн. лет), являющееся основным источником знаменитых ин-

дийских алмазов, представленное также лампроитами; Премьер в Южной Африке ($1150 - 1230$ млн. лет), сложенное кимберлитами, из которых были добыты наиболее крупные в мире алмазы. В пределах Карельского кратона среднерифейские кимберлиты и лампроиты вскрыты в районе Кухмо – Лентира – Костомукша, расположенном вдоль двух сторон финско-российской границы в западной части кратона. Они включают трубки и дайки кимберлитов и лампроитов в некоторых случаях алмазоносных.

В Костомукшском горнорудном районе широко развиты оливиновые лампроиты, слагающие, по данным работы [4], Костомукшское, Таловейское, Корпангское дайковые поля и Корпангский, Южно-Корпангский, Юго-Западный, Центральнo-Костомукшский, Северо-Таловейский и Южно-Таловейский кусты тел. Всего установлены 81 дайка и 20 небольших диатрем. Наиболее крупное Костомукшское дайковое поле занимает площадь 18 км². Здесь выявлены 35 даек лампроитов. Помимо даек, закартированы небольшие по высоте блюдцеобразные диатремы с подводящими дайковыми каналами. Кроме того, в Центральном карьере обнаружены брекчиевые кимберлитоподобные апофизы, представляющие собой эксплозивную «зелень» с полным набором высокобарических минералов. Эксплозивные брекчии лампроитовых диатрем алмазоносны в пределах Корпангского и Северо-Таловейского кустов. Здесь выявлены кристаллы алмазов размером от 0,3 до 1,2 мм. На Корпангском участке, помимо традиционных октаэдрических кристаллов, встречены алмазы кубической формы. В бортах Центрального и Южного карьеров Костомукшского комбината найдены от 1 до 30 кристаллов и обломков алмазов октаэдрической и тетраэдрической форм размером от 0,3 до 1,00 мм. В Южном участке Костомукшского железорудного месторождения в дайке мощностью 2 мм обнаружены 27 фрагментов зерен алмазов, размер наибольшего из них $0,65 \times 0,43 \times 0,40$ мм (А.Г.Леонтьев, Ю.Б.Голованов и др., 2003 г.).

Петрологическое и геохимическое изучение среднерифейских алмазоносных пород района Костомукши позволило связать их с лампроитами, классические кимберлиты не были найдены. Имеются лишь кимберлитоподобные породы, по петрохимическим особенностям постепенно переходящие к лампроитам. Вместе с тем, И.Л.Махоткин [16] предполагает, что, кроме лампроитов, в Костомукшском районе развиты слюдяные кимберлиты.

В районе Кухмо – Лентира присутствуют породы, обладающие чертами как оливиновых лампроитов, так и кимберлитов группы 2 [18]. Дайки оли-

виновых лампроитов сопоставляются с дайками Костомукши. Сообщается о предельно убогих содержаниях алмазов в дайках. В районе Кухмо – Лентира вскрыты три трубки: Сеитапера, Хавукасуо, Лентира. Алмазоносная кимберлитовая трубка Сеитапера площадью 7 га — самая крупная на территории Финляндии.

Следует отметить, что район Кухмо – Лентира – Костомукша некоторые геологи считают весьма перспективным в плане промышленной алмазности. Лампроиты этого района сравниваются с лампроитами Западной Австралии [20]. По количеству лампроитовых тел [7] Центрально-Костомукшский (50 тел), Корпангский (16 тел), Северо-Таловейский и Южно-Таловейский (по 12 тел) кусты можно сопоставить с промышленно алмазоносными полями Западной Австралии (Аргайл — 10 тел, Элендейл — 16 тел, Вандаги — 22 тела). Согласно мнению других исследователей, низкий уровень содержания алмазов в лампроитах района не дает оснований связывать с ними какие-либо промышленные перспективы (А.Г.Леонтьев, Ю.Б.Голованов и др., 2003 г.).

Позднерифейские кимберлиты представлены кимберлитовым полем Куусамо в Восточной Финляндии около границы с Россией. На четырех участках (Калеттоманпуро, Каттаисенваара, Лампи и Касма) выявлены семь тел кимберлитов [17, 19]. Кимберлиты Калеттоманпуро (КР) представлены двумя телами. Одно из них длиной 100 м, шириной 40 м с крутым падением на северо-восток вытянуто в меридиональном направлении. Кимберлит Каттаисенваара (KV) находится в 28 км к запад-северо-западу от вышеописанных в пределах магнитной аномалии шириной 180 м. По данным бурения он имеет горизонтальную мощность 48 м, представлен гипабиссальной фацией на северном краю тела и мощной зоной кимберлитовой брекчии на южном. Из пробы, отобранной из данной трубки, массой 27 кг получен один микроалмаз. Кимберлит Лампи вскрыт скважиной под 15-метровыми четвертичными осадками. Скважина прошла по нему до забоя 55 м. В составе трубки выделены две фации: фация брекчии — непосредственно под мореной; гипабиссальная — от 49 м и до забоя. Из 10 кг пробы гипабиссальной фации с глубины 48,1–55 м извлечены пять микроалмазов размером от 0,25 до 0,41 мм. В кимберлитах Касма также присутствуют брекчиевая и гипабиссальная фации. Ширина тел не менее 45 м. Из пробы массой 26 кг извлечены пять микроалмазов. Минералы-индикаторы кимберлитов Куусамо — пикроильмениты, пиропы, хромдиопсиды [20].

Геологи компании, которая проводит поиски алмазов в районе Куусамо, предполагали девон-

ский возраст кимберлитов, учитывая близость кимберлитового поля к девонской щелочной интрузии Ливаара и Кольской щелочной провинции. Однако определения возраста по двум фракциям крупных и мелких зерен перовскита из кимберлитов КР и KV U-Pb методом показали 759 ± 15 и $756,8 \pm 2,1$ млн. лет соответственно [17]. Данные значения отражают возраст формирования кимберлитов. Об этом убедительно свидетельствует тот факт, что одинаковые результаты получены из фракций крупных и мелких зерен перовскита каждой пробы. Вместе с тем, вопрос о возрасте кимберлитов Куусамо полностью не решен. Кимберлит группы 2 из Калеттоманпуро имеет сходство с кимберлитами района Кухмо – Лентира с возрастом 1200 млн. лет [20]. В то же время, при оценке перспектив алмазности района Куусамо следует учитывать его близость к самым юго-западным выходам девонских магматитов, практически отсутствующих на территории Карельского кратона.

Проявления вендского магматизма. На юго-западном краю Карельского кратона (на территории Восточной Финляндии) на границе со Svecofennским поясом, причлененным к кратону 2,0–1,8 млрд. лет назад, расположены поля алмазоносных кимберлитов вендского возраста Каави и Куопио. В их пределах вскрыты 24 кимберлитовых тела, представленных небольшими трубками и дайками. Трубки прорывают архейские гнейсы фундамента (с возрастом 3,5–2,6 млрд. лет) и аллохтонные нижнепротерозойские метаосадочные образования. Кимберлиты содержат большое количество минералов-спутников алмаза и в той или иной степени алмазоносны. [14]. В четырех из них содержание алмазов $>0,1$ кар/т. Многие трубки содержат октаэдрические кристаллы по морфологии аналогичные сибирским алмазам. Кимберлиты Каави – Куопио обогащены оливином и пикроильменитом и содержат как не измененные, так и практически полностью серпентинизированные разновидности. В них установлен достаточно широкий набор ксенолитов — гарцбургиты, лерцолиты, верлиты и редкие эклогиты.

Наиболее надежные определения возраста кимберлитов получены ионным U-Pb методом по перовскитам из нескольких кимберлитов Каави – Куопио. Все они находятся в интервале 589–626 млн. лет [14]. На территории России вендские вулканы вскрыты на Зимнем Берегу Белого моря. Это известково-щелочные лампрофиры типа минетты — породы родственные кимберлитам и лампроитам.

Глубинная структура Карельского кратона. Литосфера кратона характеризуется вертикальной

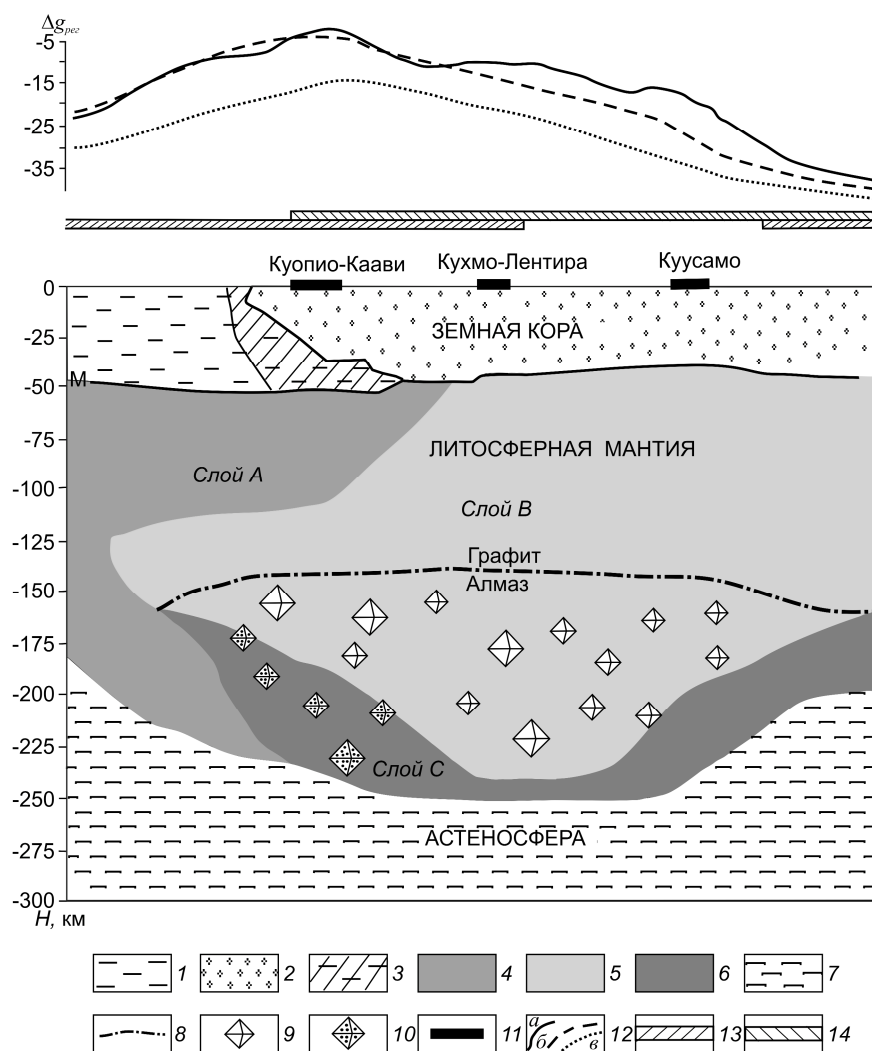


Рис. 2. Геолого-геофизическая модель литосферы Карельского кратона:

глубинный разрез литосферы Карельского кратона, по данным изучения ксенокристаллов из кимберлитов Восточной Финляндии [14, 15]: 1 — образования земной коры Свеккофеннского складчатого пояса (2,1–1,85 млрд. лет), 2 — островодужный комплекс окраины Свеккофеннского складчатого пояса (1,92 млрд. лет), 3 — образования земной коры Карельского кратона (3,5–2,6 млрд. лет), 4 — образования протерозойской литосферной мантии Свеккофеннского складчатого пояса (слой А), 5 — образования архейской литосферной мантии Карельского кратона (слой В), 6 — метасоматический эквивалент архейской литосферной мантии (слой С), 7 — астеносфера, 8 — верхняя граница алмазосодержащего горизонта, 9 — перидотитовые алмазы, 10 — эклогитовые алмазы, 11 — районы с проявлениями кимберлитового и лампроитового магматизма; геофизические факторы-индикаторы алмазоперспективных площадей ранга кимберлитовых субпровинций: 12 — область положительных низкочастотных аномалий гравитационного поля (в виде графиков $\Delta g_{\text{рег}}$ — поля силы тяжести, осредненного с радиусами 50 км (а), 100 км (б), 150 км (в), 13 — области с относительно повышенными (>42–44 км) глубинами залегания поверхности М, 14 — область с пониженными (<40 мВт/м²) значениями теплового потока

и латеральной неоднородностью. В последнее время получены новые данные о ее строении [14, 15 и др.] по результатам изучения ксенолитов и ксенокристаллов из кимберлитовых трубок Каави, Куопио, Кухмо, Лентира, Южного и Северного Ку-

усамо (рис. 2). Так, в районе Куопио и Каави на юго-западном краю кратона мощность литосферы составляет 230 км. Верхняя (литосферная) мантия стратифицирована здесь на три слоя. Верхний слой А (интервал глубин 60–110 км) интерпретируется как протерозойская островодужная мантия, пододвинутая под край кратона во время коллизии 1,92 млрд. лет назад. Средний слой В (интервал глубин 110–180 км) — главный источник гарцбургитовых гранатов и перидотитовых алмазов в кимберлитах Куопио – Каави — по осмиевым изотопным датировкам имеет возраст 3,3 млрд. лет. Нижний слой С (интервал глубин 180–230 км) — главный источник титанистых пиропов — интерпретируется как метасоматический эквивалент среднего архейского слоя. Общая мощность алмазосодержащего горизонта (термобариметрического «окна» стабильности алмаза) — источника перидотитовых и эклогитовых алмазов — составляет ~90 км.

Стратификация литосферной мантии в районе Кухмо – Лентира – Южное Куусамо, расположенном во внутренней части кратона, не подвергшейся влиянию свеккофеннской тектономагматической активизации, более простая. Выделяются два слоя, соответствующие двум наи-

более глубоким верхнемантийным слоям района Куопио – Каави. Отмечается более высокий уровень ее деплегации по сравнению с краевой юго-западной частью кратона. Мощность литосферы достигает здесь 250 км и более, мощность алмазосодержащего

горизонта ~110 км. Мощность литосферы в районе Северного Куусамо (ближе к северо-восточной окраине Карельского кратона) уменьшается до 220 км.

Таким образом, как свидетельствуют приведенные данные, верхняя мантия блока, к которому приурочен изучаемый регион Карельского кратона с проявлениями слабоалмазоносного магматизма Куопио – Каави, Кухмо – Лентира, Куусамо, обладает алмазоносным потенциалом, что указывает на возможность вскрытия здесь алмазных месторождений.

Одна из задач наших исследований, направленных на прогноз коренных месторождений алмазов в Карельском регионе, — выявление на его территории косвенных геофизических факторов (предпосылок), которые стали бы индикаторами потенциально алмазоносных литосферных блоков, подобных рассмотренному выше. С этой целью для территории Карельского кратона на базе обработки и обобщения разнообразных геофизических материалов с учетом опыта выделения подобных структур в других алмазоносных регионах [6, 9, 10] были изучены особенности строения глубинных горизонтов литосферы и распределения аномалий теплового и гравитационного полей. Проанализирована пространственная взаимосвязь тех или иных выделяемых геофизических факторов с областью, вмещающей рассмотренные проявления кимберлитового–лампроитового магматизма Восточной Финляндии (Куопио – Каави, Кухмо – Лентира, Куусамо).

При изучении особенностей строения глубинных горизонтов литосферы Карельского кратона использованы фондовые и опубликованные интерпретационные данные (карты, схемы, разрезы) [3 и др.] глубинных сейсмических (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, МОВ-ОГТ) исследований. Анализ особенностей теплового поля осуществлялся на основе интерпретационных карт теплового потока северной части Восточно-Европейской платформы (куда входит рассматриваемый регион), составленных Л.А.Цыбулей [13]. Аномальные особенности поля силы тяжести изучались по картам его трансформант. При этом в качестве исходного поля применялась сводная цифровая модель гравитационного поля в редукции Буге с плотностью промежуточного слоя $2,67 \text{ г/см}^3$ и сечением изоаномал 2 мГл. Трансформация исходного поля выполнена путем его осреднения с радиусами 20, 50, 100 и 150 км.

В результате на территории Карельского кратона выделены геофизические факторы, с которыми, с одной стороны, ассоциируют в плане кимберлит-лампроитовые поля Восточной Финляндии, с другой — в различных алмазоносных регионах они характеризуют (служат индикаторами) алмазоперспективные площади ранга кимберлитовых про-

винций, субпровинций [6, 9, 10], уже вмещающих месторождения алмазов. К ним, наряду с фактором наличия мощной литосферы, относятся: области положительных низкочастотных аномалий гравитационного поля, относительно повышенных ($>42\text{--}44$ км, до $60\text{--}65$ км в районе Куопио – Каави) глубин залегания поверхности М (подшвы земной коры), пониженных ($<40 \text{ мВт/м}^2$) значений теплового потока. Контур области совмещения на плоскости этих геофизических факторов-индикаторов (вместе с геологическими предпосылками и минералогическими признаками) определяет границы алмазоперспективной площади названного выше ранга.

На территории Карельского кратона по геофизическим данным прогнозируются три алмазоперспективные площади (см. рис. 1).

Западно-Карельская площадь расположена преимущественно на территории Восточной Финляндии. В тектоническом плане она приурочена к Западно-Карельскому домену и в плане совмещена с большей частью рассмотренной области алмазоносной мантии, выделенной по результатам изучения ксенолитов и ксенокристаллов из кимберлитовых полей Восточной Финляндии. В пределах ее южной части находятся вендские алмазоносные кимберлиты Куопио – Каави. Среднерифейские убогалмазоносные кимберлиты и лампроиты Кухмо – Лентирь тяготеют к северной границе этой площади. Поля позднерифейских слабоалмазоносных кимберлитов Куусамо и среднерифейских лампроитов Костомукши размещаются в северном и северо-восточном обрамлении изучаемой площади. Здесь в глубинном строении литосферы по данным сейсмических исследований МОВ-ОГТ фиксируется локальный подъем (до глубин $38\text{--}36$ км) поверхности М, который совмещается в плане с локальной положительной аномалией поля силы тяжести. По данным работы [6], подобная позиция характерна для слабоалмазоносных и неалмазоносных кимберлитовых полей Восточно-Сибирской платформы.

Водлозерская алмазоперспективная площадь выделяется на юге Карельского кратона. Она совмещена с большей частью одноименного тектонического домена с древней консолидированной земной корой (модельный неодимовый возраст >3 млрд. лет). На этой площади расположено тело раннепротерозойских слабоалмазоносных кимберлитов Кимозера.

Северо-Карельская алмазоперспективная площадь на севере Карельского кратона восточной частью заходит в краевую (надвиговую) часть Беломорского подвижного пояса. Проявления кимберлитового или лампроитового магматизма здесь не вскрыты, хотя имеются минералогические данные,

свидетельствующие о возможном присутствии в пределах площади алмазоносных магматических тел.

Таким образом, на основании приведенных глубинных и геофизических факторов можно предполагать наличие алмазоносной мантии в основании литосферы, по крайней мере, трех площадей Карельского кратона, что, по-видимому, позволяет рассматривать его в качестве одноименной потенциально алмазоносной провинции. В пространственно-временном распределении вскрытых проявлений кимберлитового и родственного ему магматизма на территории кратона наблюдается определенная закономерность. Рифейские и вендские кимберлиты и лампроиты приурочены к Западно-Карельской алмазоперспективной площади, раннепротерозойские — к Водлозерской.

Перспективы алмазоносности Карельского кратона. Обособление Карельского кратона в качестве отдельной потенциально алмазоносной провинции обосновывается его сравнением с выделяемыми рядом исследователей [1, 5 и др.] в восточной части Балтийского щита Кольской щелочной карбонатитовой и Архангельской (по данным работы [9] — Кольско-Беломорской) алмазоносной провинциями.

Кольская щелочная карбонатитовая провинция [5] располагается на гетерогенном докембрийском фундаменте, включающем Кольский геоблок и Беломорско-Лапландский гранулитовый пояс, и практически не распространяется на территорию Карельского кратона. Архангельская (или Кольско-Беломорская) алмазоносная провинция [9] на стыке Кольского геоблока и Беломорско-Лапландского гранулитового пояса контролируется рифейской Беломорской рифтовой системой. Алмазопоявления Карелии полностью находятся в пределах архейского Карельского кратона и четко обособлены по тектоническому положению.

Щелочной магматизм Карельской алмазоносной провинции представлен главным образом силлами, дайками и трубками кимберлитов и лампроитов, Кольской щелочной карбонатитовой провинции — интрузиями карбонатитов и нефелиновых сиенитов, а также дайками различных ультраосновных и щелочных пород, Архангельской алмазоносной провинции — трубками, дайками, силлами кимберлитов и щелочных пикритов.

В отличие от Кольской щелочной карбонатитовой и Архангельской щелочной алмазоносной провинций в пределах Карельской алмазоносной провинции не проявилась палеозойская активизация, на ее территории отсутствуют палеозойские магматические проявления и, соответственно, не известны кимберлиты, синхронные со среднепа-

леозойской эпохой промышленной алмазоносности, развитой в Архангельской алмазоносной провинции.

С учетом известных в настоящее время геолого-геофизических данных перспективы коренной алмазоносности Карельского кратона можно оценить умеренно оптимистическими, несмотря на отсутствие до настоящего времени в его пределах крупных месторождений алмазов. Подобный подход основывается на имеющихся глубинных, структурных и вещественных предпосылках, которые говорят о возможности обнаружения коренных источников алмазов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архангельская алмазоносная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия)* / Под ред. О.А.Богатикова. — М.: МГУ, 2000.
2. *Божко Н.А., Прусакова Н.А.* Геолого-геофизические факторы коренной алмазоносности Карельского кратона // Мат-лы научной конференции «Геодинамика и минерагения Северо-Запада России». Петрозаводск, 2007. С. 14–17.
3. *Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления* / Под ред. Н.В.Шарова. — Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2004.
4. *Журавлев В.А.* История открытия и перспективы алмазоносности Карелии // Минерал. 2006. № 1 (5). С. 14–17.
5. *Кольская щелочная провинция в палеозое: оценка состава первичных мантийных расплавов и условий магмогенерации* / А.А.Арзамасцев, Ф.Беа, В.Н.Глазнев и др. // Российский журнал наук о Земле. 2001. Т. 3. № 1. С. 1–35.
6. *Мананов А.В., Романов Н.Н., Полторацкая О.Л.* Кимберлитовые поля Якутии. — Воронеж: ВГУ, 2000.
7. *Носова А.А., Кононова В.А., Самсонов А.В., Ушков В.В.* Докембрийские кимберлиты Восточно-Европейского кратона // Мат-лы Всероссийской конференции (Петрозаводск, 11–13 ноября 2009). 2009. С. 189–192.
8. *Процессы формирования докембрийской коры северо-западной Карелии, Балтийский щит; результаты геологических, петрологических и глубинных сейсмических (профиль 4В) исследований* / А.В.Самсонов, Р.Г.Берзин, Н.Г.Заможняя и др. // Глубинное строение и эволюция земной коры восточной части Фенно-скандинавского щита: профиль Кемь–Калевала. Петрозаводск, 2001. С. 109–143.
9. *Прусакова Н.А.* Элементы глубинного строения литосферы севера Восточно-Европейской платформы, контролирующие локализацию кимберлитового магматизма // Мат-лы Международной конференции, посвященной памяти Виктора Ефимовича Хаина «Современное состояние наук о Земле». М., 2010.
10. *Прусакова Н.А.* Геолого-геофизическая прогнозно-поисковая модель Зимнебережного кимберлитового поля: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. — М., 2004.

-
11. *Ранний докембрий Балтийского щита* / А.Б.Вревский, В.Ф.Смолякин, В.В.Балаганский и др. – СПб.: Наука, 2005.
 12. *Ушков В.В.* Кимозерское проявление алмазоносных кимберлитов в Онежской структуре // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2001. Вып. 3. С. 94–99.
 13. *Цыбуля Л.А., Левашикевич В.Г.* Тепловое поле Баренцево-моровского региона. – Апатиты: КарНЦ РАН, 1992.
 14. *Lehtonen M.L.* Kimberlites in Finland: Information about the mantle of the Karelian Craton and implications for diamond exploration: Academic dissertation, University of Helsinki. Geological Survey of Finland, Espoo, 2005.
 15. *Lehtonen, M., O'Brien H.* Mantle transect of the Karelian Craton from margin to core based on *P-T* data from garnet and clinopyroxene xenocrysts in kimberlites // *Bul. of the Geological Society of Finland*. 2009. Vol. 81. P. 79–102.
 16. *Mahotkin I.L.* Petrology of Group 2 kimberlite-olivine lamproite (K2L) series from the Kostomuksha area, Karelia area, NW Russia // 7 Int. Kimb. Conf. Ext. Abstracts. Cape Town. 1998. P. 529–531.
 17. *O'Brien H.E. and Bradley J.* New kimberlite discoveries in Kuusamo, northern Finland // 9th International Kimberlite Conference Extended Abstract. 2008. No 9IKC-A-00346.
 18. *O'Brien H.E. & Tyni M.* Mineralogy and geochemistry of kimberlites and related rocks from Finland // Isotopic ages of Lentiira – Kuhmo – Kostomuksha Olivine Lamproite – Group II kimberlites. Proceedings of the 7th International Kimberlite Conference, Cape Town, South Africa, 1999. P. 625–636.
 19. *Tertiary Mineral PLC – Sunrise Diamonds Update* // RNS Release. RNS Number: 0896 N 02. June. 2005.
 20. *Ustinov V.N., O'Brien H.E., Lukyanova L.I., Peltonen P.* Diamond-bearing kimberlites of northern Europe // 9th International Kimberlite Conference extended Abstract. No. 9IKC-A-00112. 2008.
-