

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ТРУБОК ВЗРЫВА АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

А.В.Ерёменко, В.М.Ненахов

Воронежский государственный университет

В работе охарактеризовано структурное положение трубок взрыва Архангельской алмазонасной провинции (ААП), рассмотрены вещественные особенности различных полей и существующие геодинамические модели их формирования, предложенные различными авторами. Эти модели можно разбить на две группы. Первая, субдукционная, модель предполагает вовлечение материала экзогенного происхождения в плавление в мантийных условиях и объясняет особенности вещественного состава, в том числе геохимии трубок взрыва. Альтернативная, плюмовая модель, предполагающая механизм взаимодействия мантийного плюма и литосферы, адекватно объясняет лишь некоторые закономерности локализации и особенности геохимии трубок взрыва. Каждая из перечисленных моделей содержит ряд достоинств, но страдает и рядом слабых мест. Авторами предложена многостадийная модель, предполагающая предварительную субдукцию и последующий плюмо-тектогенез. Предложенная интеграционная модель снимает противоречия, имеющиеся отдельно в субдукционной и плюмовой моделях.

Архангельская алмазонасная провинция (ААП), активно изучаемая в последние два десятилетия, включает в себя пять полей (рис. 1), отличающихся друг от друга характером проявления и размещения, особенностями состава и продуктивностью трубок взрыва: Золотицкое, Кепинское, Верхотинское, Ижмозёрское, Нёнокское поля, а также Соляно-Пинежский базальтовый комплекс, включающий Турьинское, Полтинское и Пинежское поля [1].

Породы ААП разделяются на серии – глинозёмистую и железо-титанистую [2]. Последние, по сравнению с породами глинозёмистой серии, характеризуются резко повышенным содержанием всех некогерентных элементов и повышенным отношением K_2O/Na_2O .

Резкие различия кимберлитовых пород двух серий проявляются и в геологическом строении [2]. Объекты глинозёмистой серии представлены вулканическими трубками, имеют крупные размеры и, в большинстве случаев, многофазное строение, содержат фазы типа туффизитов, обладают развитыми кратерными частями. Резко преобладает северо-северо-восточная ориентировка длинных осей трубок взрыва. Для объектов железо-титанистой серии характерны более мелкие размеры, однофазное строение трубок, отсутствие туффизитов, невыдержанность ориентировки длинных осей трубок, широко развиты породы лавового облика, образующие силлы и дайки, кратерные части у трубок редки и имеют примитивное строение.

Промышленно-алмазонасные трубки сосредоточены в пределах Золотицкого поля [1] и представлены кимберлитами глинозёмистой серии [2], и лишь высокоалмазонасная трубка им. В.П.Гриба представлена кимберлитами железо-титанистой серии и находится в пределах Верхотинского поля [3]. Трубки и силлы кимберлитов, мелилититов и базальтов других полей являются слабоалмазонасными или неалмазонасными.

Трубки взрыва глинозёмистой серии сконцентрированы в четырёх полях – Золотицком, Верхотинском, Ижмозёрском и Нёнокском.

Золотицкое поле (рис.1) объединяет 10 кимберлитовых трубок глинозёмистой серии, располагающихся в виде цепочки длиной 14 км север-северо-восточного простирания, что обусловлено их приуроченностью к зоне глубинного разлома субме-

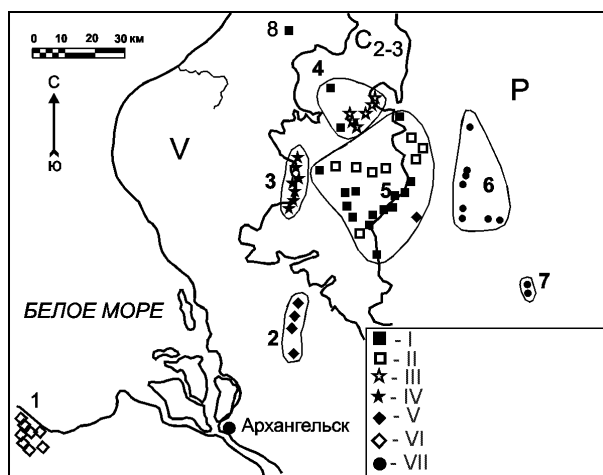


Рис. 1. Схема размещения основных видов и геохимических типов магматических пород ААП: I – кимберлиты Fe-Ti-серии; II – оливиновые мелилититы Fe-Ti-серии; III – оливин-флогопитовые мелилититы Al-серии; IV – высокоалмазонасные кимберлиты Al-серии; V – оливиновые мелилититы Al-серии; VI – оливин-клинопироксеновые мелилититы Al-серии; VII – базальты. 1 – 8 – кимберлитовые, мелилититовые и базальтовые поля: 1 – Нёнокское поле; 2 – Ижмозёрское поле; 3 – Золотицкое поле; 4 – Верхотинское поле; 5 – Кепинское поле; 6 – Турьинское поле; 7 – Полтинское поле; 8 – Мельское поле.

ридионального направления. Расстояние между отдельными трубками варьирует от 100 м до 2,5 км. Типоморфными минералами данного поля являются оливин первой генерации (оливин-I) (> 20%), оливин второй генерации (оливин-II), оливин третьей генерации (оливин-III), флогопит, шпинелиды, перовскит, ± кальцит, ± мелилит [1].

Верхотинское поле (рис.1), расположенное к северо-востоку от Золотицкого, объединяет 8 трубок, 2 из которых – трубка им. В. Гриба и трубка 691 – кимберлиты железо-титанистой серии, а остальные – оливин-флогопитовые мелилититы глинозёмистой серии. Трубки образуют две небольшие по протяжённости (1,5 и 6 км) цепочки северо-западного и северо-восточного направлений, расположенные на расстоянии 1,5 км друг от друга. В 18 км к северо-западу находится трубка 691. Площадь

поля составляет около 300 км². Типоморфными минералами трубок этого поля являются оливин-I (<20 %), оливин-II, оливин-III, мелилит, флогопит, шпинелиды, перовскит.

Ижмозёрское поле (рис.1) представлено 4 трубками оливиновых мелилититов глинозёмистой серии (тр. Апрельская выполнена оливин-клинопироксеновым мелилититом), образующими в пространстве цепочку север-северо-восточного направления длиной 20 км, аналогичную цепочке Золотицкого поля. Расстояния между трубками от 2 до 12 км. Типоморфными минералами трубок этого поля являются ± оливин-I (<10 %), оливин-II, ± оливин-III, мелилит, ± флогопит, шпинелиды, нефелин, ±клинопироксен.

Нёнокское поле располагается на Онежском полуострове и насчитывает 23 трубки взрыва оливин-клинопироксеновых мелилититов глинозёмистой серии, не характеризующихся каким-либо упорядоченным пространственным расположением. Площадь поля около 300 км². Типоморфными минералами трубок этого поля являются ± оливин-I (<10 %), оливин-II, ± оливин-III, мелилит, ± флогопит, шпинелиды, нефелин, клинопироксен.

Породы железо-титанистой серии сосредоточены исключительно в пределах Кепинского поля, и лишь трубка им. В.П.Гриба и Ан. 691 расположены в пределах Верхотинского поля.

Кепинское поле расположено восточнее Золотицкого поля (рис. 1) и содержит 19 трубок кимберлитов и оливиновых мелилититов железо-титанистой серии и 4 силлы. Трубки и силлы характеризуются неупорядоченным пространственным расположением. Площадь поля около 1400 км². Расстояние между отдельными трубками от 2 до 8 км. Типоморфными минералами трубок этого поля являются оливин-I (<20 %), оливин-II, оливин-III, мелилит, флогопит, шпинелиды, перовскит, кальцит, ильменит, рутил.

Мельское поле кимберлитовых силлов, сочетающих в себе свойства кимберлитов глинозёмистой и железо-титанистой серий, расположено в северо-западной части района, в 50 км к северу от Золотицкого поля. Силлы развиты на левобережье реки Мела на площади около 1,5 км². Типоморфными минералами трубок этого поля являются оливин-I (<20 %), оливин-II, оливин-III, мелилит, флогопит, шпинелиды, перовскит, кальцит, ильменит, рутил.

Союно-Пинежский базальтовый комплекс (рис. 1) располагается к востоку от Кепинского поля и, как уже отмечалось, объединяет три поля: Турьинское, Пинежское и Полтинское. В пределах Турьинского поля зафиксировано 8 трубок, 6 из которых образуют цепочку длиной около 30 км, почти параллельную цепочке Золотицкого поля, а две трубки расположены обособленно, примерно в 14 км к востоку от основной цепочки. К югу от Турьинского поля расположены Полтинское (2 трубки, в 30 км) и Пинежское (3 трубки, в 90 км южнее Турьинского) поля. Типоморфными минералами трубок этого поля являются оливин, клинопироксен, плагиоклаз (An₅₀₋₅₅), ± вулканическое стекло [4].

Одна из особенностей тектонической позиции ААП – находжение района на пассивной континентальной окраине Русской плиты в зоне рифейского рифтогенеза [5], сформировавшего значительную по масштабам Кольско-Двинскую палеорифтовую систему, протягивающуюся ныне от Кольской части Балтийского щита до г. Котлас, где она дискордант

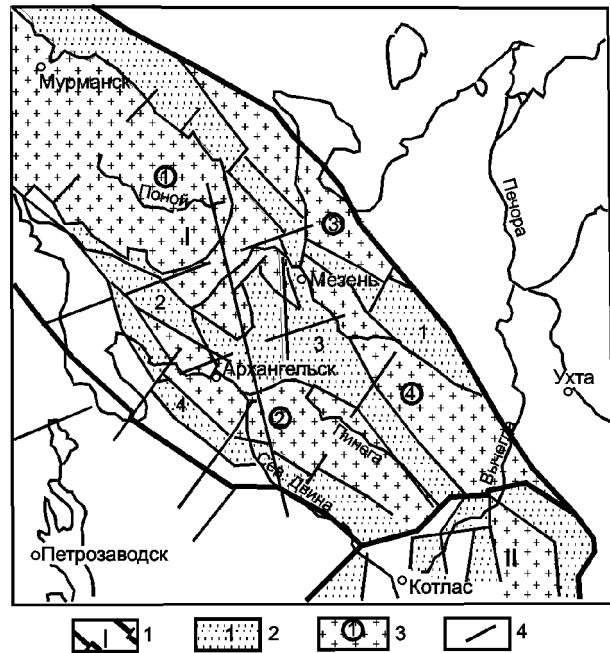


Рис. 2. Схема строения Кольско-Двинской палеорифтовой системы (составлена В.Н.Широбоковым с использованием данных [7]): 1 – граница палеорифтовых систем; 2 – рифейские рифтовые грабены; 3 – срединные массивы; 4 – основные разрывные нарушения. Палеорифтовые системы: I – Кольско-Двинская; II – Центрально-русская. Палеорифты: 1 – Баренцево-Сафоновский; 2 – Керещко-Кандалакшский; 3 – Лешуконско-Пинежский; 4 – Онего-Двинский. Срединные массивы: 1 – Кольский; 2 – Архангельский; 3 – Неско-Тылугский; 4 – Мезенско-Вашкинский.

но сочленяется с Центрально-Русской палеорифтовой системой (рис. 2).

Поверхность фундамента ААП представляет собой чередование рифейских палеорифтовых грабенов и выступов, имеющих, главным образом, северо-западное простирание. В составе основных тектонических элементов выделяются Керещкий, Чубальский, Лешуконский рифтовые грабены и разделяющие их Архангельский, Золотицкий, Верхотинский, Ручьёвский, Кулойский выступы. Грабены заполнены рифейскими отложениями, их днища, по сейсмическим данным, имеют максимальные глубины от –2500 до –4500 м (рис. 3). Строение поверхности фундамента ступенчатое, смещения по отдельным разломам иногда достигают 500 м. На выступах, где на кристаллических породах залегают вендские отложения или маломощные пласты рифейских песчаников, какие-либо смещения поверхности фундамента отсутствуют [5].

Геофизические данные о строении субкратонной части литосферы, полученные по результатам магнито-теллурического зондирования (МТЗ), выполненного ГП “Архангельскгеология”, выявили наличие линейных вертикальных зон проводимости субмеридионального простирания, в структурном плане не совпадающих с северо-западным простиранием основных тектонических структур. Одна из них контролирует Ижмозёрское и Золотицкое поля, а также силлы р. Мела. Вторая подобная зона выделяется в пределах субмеридионального Мегра-Кепинского разлома, с востока ограничивающего площадь развития пород щёлкочно-ультраосновной формации [5] (рис. 4).

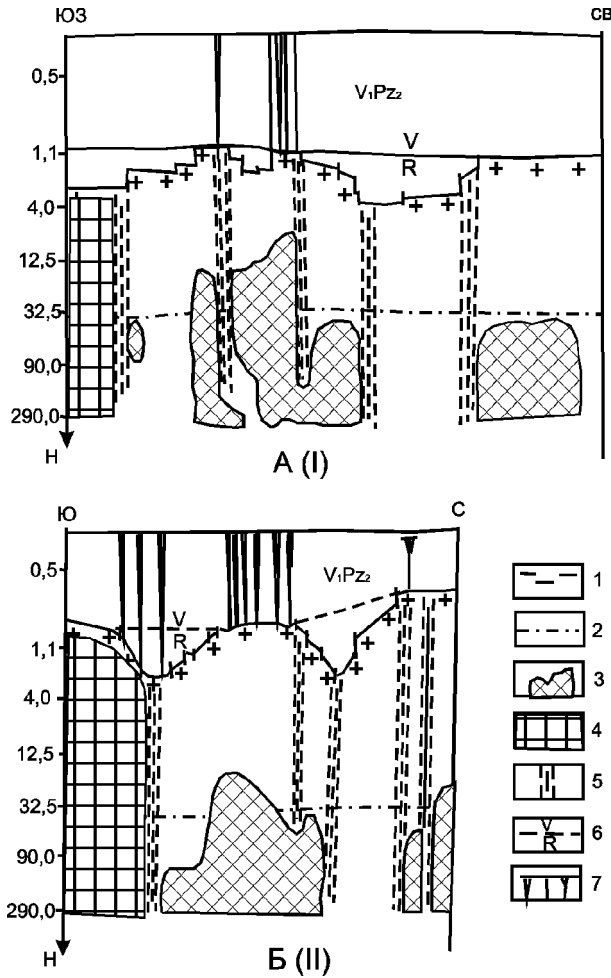


Рис. 3. Схематические геолого-геофизические разрезы по профилям А(І) и Б(ІІ): 1 – поверхность кристаллического фундамента; 2 – граница Мохо; 3 – области высокого сопротивления; 4 – область низкого сопротивления; 5 – зоны проводимости; 6 – граница кровли рифея; 7 – трубки взрыва.

В пределах ААП наблюдается вполне отчетливая локализация трубок взрыва на выступах фундамента [5]. За редким исключением (Ижмозёрское поле), практически все тела щелочно-ультраосновного состава и все промышленно алмазные кимберлитовые диатремы находятся на поднятых участках фундамента.

Все трубки взрыва и силлы ААП образовались в очень узком временном интервале 375 – 362 млн лет, что соответствует верхнему девону [7]. Аналогичный интервал времени формирования имеет эруптивный щелочно-ультраосновной магматизм Терского Берега и Среднего Тимана [7-9].

В геохимическом плане, породы ААП, по сравнению с кимберлитами других провинций мира, имеют пониженные концентрации LREE и редких элементов, в частности, Nb и Zr, при типичных для кимберлитов высоких концентрациях Ni и Cr. Выход минералов тяжелой фракции из кимберлитовых пород ААП чрезвычайно низок (в 100 – 200 раз ниже, чем в трубках Якутии).

Остановимся на кратком обзоре существующих моделей формирования Архангельской алмазодной провинции. Все геодинамические модели, объясняющие размещение трубок взрыва ААП,

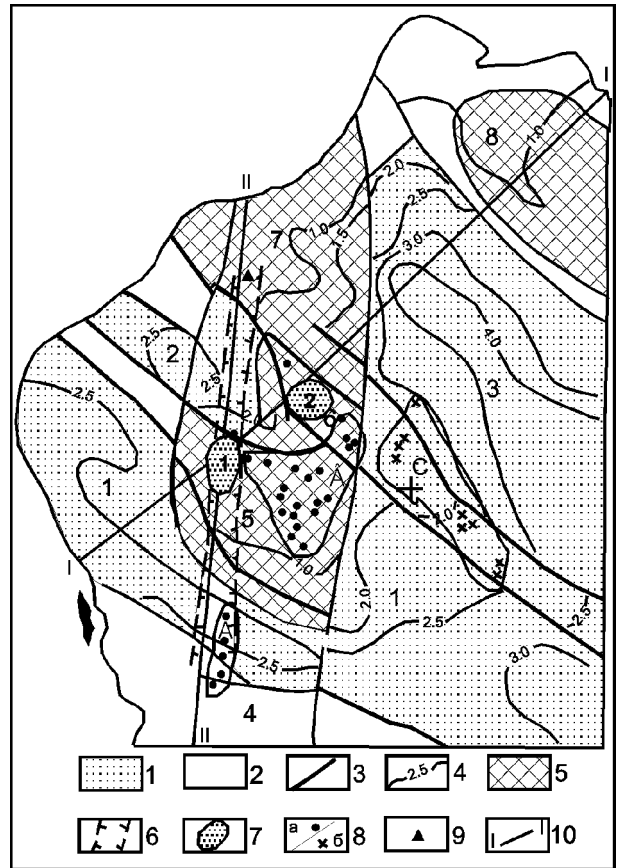


Рис. 4. Схема строения кристаллического фундамента ААП: 1 – рифейские грабены; 2 – выступы фундамента; 3 – основные разломы; 4 – изогипсы фундамента; 5 – области высокой проводимости пород верхней мантии; 6 – Мельско-Чудвинская зона проводимости; 7 – группы кимберлитовых тел (1 – Золотицкая; 2 – Верхотинская); 8 – трубки взрыва: а – кимберлитовые и меллититовые; б – базальтовые; 9 – кимберлитовые силлы р. Мела; 10 – профили КМПВ и МТЗ. Тектоническое районирование: рифейские рифтовые грабены: 1 – Керещкий, 2 – Чубальский, 3 – Лешуконский; выступы фундамента: 4 – Архангельский, 5 – Золотицкий, 6 – Верхотинский, 7 – Ручьёвский, 8 – Кулойский. А – Ижмозёрское поле; В – Кепинское поле; С – Сояно-Пинежский базальтовый комплекс.

можно разделить на две группы. Первая объединяет модели субдукционные, вторая – плюмовые.

Оригинальная модель формирования кимберлитов и родственных им пород с позиции современной плитной тектоники предложена О.Г.Сорохтиным с соавторами [10] и детально развита в диссертации Н.О.Сорохтина [11]. Согласно этой модели, кимберлитовые и родственные им магматические очаги образуются за счёт плавления тяжёлых железистых осадков, затягиваемых в зоны поддвига плит при субдукции, возраст которой не выходит за интервал 2,2 – 1,7 млрд лет. Этот временной интервал обусловлен одновременным существованием железосиликатного осадконакопления и континентальной литосферы мощностью 130 – 220 км. При плавлении железистых осадков, более лёгкие карбонат-силикатные фазы отделялись от тяжёлых железосиликатных фаз, которые в дальнейшем опускались в мантию. Карбонат-силикатные фазы консервировались в виде магматических очагов под континен-

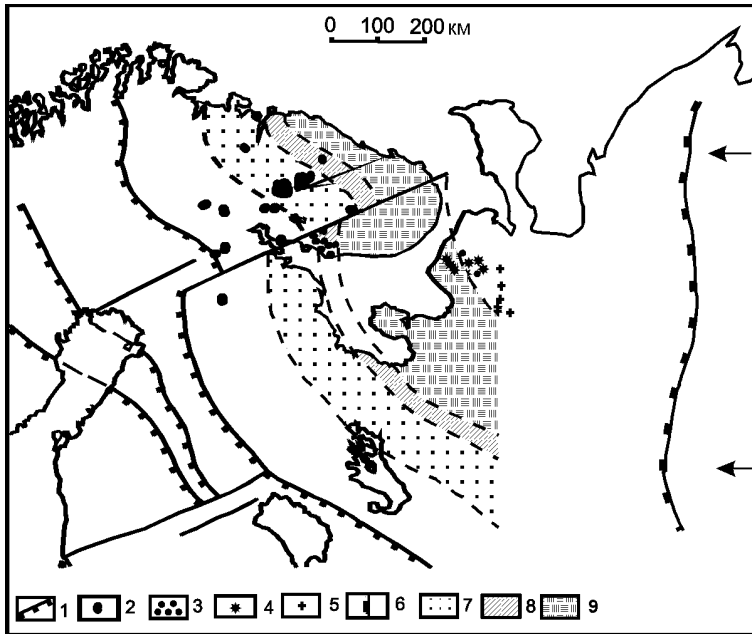


Рис. 5. Схема предполагаемого размещения зоны палеосубдукции, приведшей к образованию трубок взрыва ААП: 1 – зоны поддвига плит свекофеннского возраста (1,9 – 1,8 млрд. лет) (по О.Г.Сорохтину); 2 – интрузии щёлочно-ультраосновного состава и нефелиновых сиенитов; 3 – трубки взрыва пикритового и мелилититового состава; 4 – кимберлитовые трубки взрыва; 5 – базальтовые трубки взрыва; 6 – предполагаемая нами зона палеосубдукции, в результате которой образовались магматические очаги кимберлитов и родственных им пород; 7 – 9 зона возможного проявления магматизма (по О.Г.Сорохтину): 7 – щёлочно-ультраосновного; 8 – пикритового и мелилититового; 9 – кимберлитового.

концентрировались водно-газовые флюиды, под ними располагались наиболее лёгкие щелочные (натровые) расплавы, несколько ниже – калиево-щелочные алюмосиликатные магмы, а ещё ниже – расплавы карбонатитов. Кимберлиты являются продуктами смешения вышеперечисленных фаз при турбулентном подъёме их к поверхности на больших скоростях (около 180 км/ч).

Привлекательной стороной модели является то, что она убедительно объясняет возникновение кимберлитовых магм, их специфический состав, геохимические и изотопные характеристики, возникновение самих алмазов в результате кристаллизации углерода осадочного и биогенного происхождения (а не ювенильного, как предполагалось ранее, что подтверждается изотопно-углеродными анализами, показывающими, что вариации $\delta^{13}\text{C}$ не выходят за пределы -10 и -3‰), а также сам механизм образования трубок взрыва.

Интервал глубин, на которых могут формироваться алмазоносные кимберлиты, колеблется от 130 до 220 км [10], а расстояние от зоны палеосубдукции до зоны возможного проявления кимберлитового магматизма составляет от 390 до 660 км. Основываясь на этом, О.Г.Сорохтин предлагает схему геодинамического формирования кимберлитового магматизма Северо-восточной части Балтийского щита (рис. 5), которую распространяет и на ААП, правда, без привязки к отдельным полям. Применительно к Кольскому полуострову и Карелии эта схема достаточно правдоподобна, однако, при применении её к ААП, возникает ряд противоречий. Так, например, в предполагаемую зону кимберлитового магматизма попадают проявления мелилититового и базальтового магматизма, чего, согласно О.Г.Сорохтину, быть не должно. Кроме того, модель предполагает увеличение глубинности магматических проявлений с ЮЗ на СВ, а исследования глубинных включений из трубок взрыва [2] показали, что глубинность увеличивается с востока на запад.

О.А.Богатиков, используя идеи возникновения кимберлитовых магм в результате субдукции, составляет разрез-схему ААП, иллюстрирующую латеральную неоднородность проявлений магматизма (рис. 6). Однако, в этой схеме также есть противоречия – Верхотинское поле оливин-флогопитовых мелилититов на схеме получается более глубинным, чем Золотицкое поле высокоалмазоносных кимберлитов. В то же время, мелилититовые магмы не могли генерироваться на глубинах более 120 км [12-14]. Исследования С.М.Саблукова также указывают на то, что Золотицкое поле является более глубинным, чем Верхотинское. Так же, эта схема построена при отвлечении от факта существования Кепинского поля кимберлитов и ме-

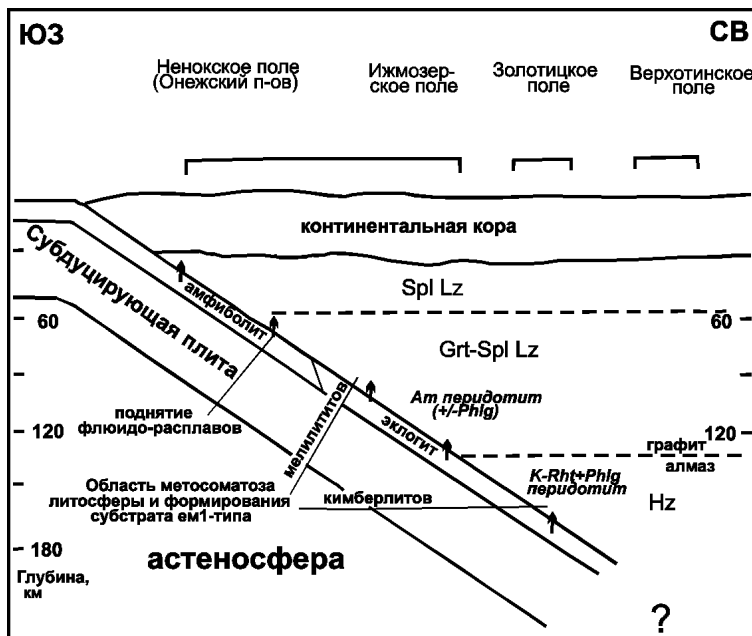


Рис. 6. Модель формирования кимберлитовых пород ААП по О.А.Богатику.

тальной литосферой и, в результате того, что консервация была очень продолжительной (до 2 млрд. лет), дифференцировались по плотности на несколько фаз. В верхней части магматического очага

является более глубинным, чем Верхотинское. Так же, эта схема построена при отвлечении от факта существования Кепинского поля кимберлитов и ме-

лититов и базальтоидных трубок взрыва Сояно-Пинежского базальтового комплекса.

Субдукционные модели имеют ряд привлекательных сторон, к числу которых относится логичное объяснение геохимических особенностей кимберлитов (их обогащённость некогерентными элементами, в том числе редкоземельными элементами), а также изотопный состав углерода алмазов. Для некоторых провинций отмечается латеральная смена разноглубинного магматизма. В то же время, для ААП эта модель не работает.

Так, например, С.М.Саблуков, изучая вещественный состав и глубинные включения трубок взрыва ААП [15], замечает чёткую тенденцию уменьшения основности пород обеих серий с запада на восток. В этом же направлении, вместе с уменьшением основности, снижается и глубинность образования магматических очагов, которая определяется количеством и составом мантийных ксенолитов.

На основе всего вышеизложенного, напрашивается предположение о том, что субдукция, в результате которой образовались кимберлитовые и родственные им породы ААП, имела направление погружения не с ЮЗ на СВ, а с востока на запад (в современных координатах). В то же время, в моделях О.Г.Сорохтина с соавторами и О.А.Богатикова, направление субдукции с запада на восток. Помимо этого, слабым звеном субдукционной модели является длительность (до 2 млрд. лет) существования жидких расплавов, кроме того, если бы магматические очаги были дифференцированы, то и разные фазы внедрения многофазных трубок должны были бы отличаться друг от друга по составу, а они, согласно О.А.Богатикову, особых отличий между собой не имеют. Так, автолиты ксенотуфобрекчий имеют состав, аналогичный автолитам из автолитовых брекчий, а небольшие отличия обусловлены лишь постмагматическими процессами [1].

Плюмовая модель происхождения ААП наиболее ярко раскрыта в работе И.Л.Махоткина с соавторами [16]. Согласно этой модели, эруптивные породы ААП образовались в результате воздействия мантийного плюма на литосферу севера Русской платформы, за счёт смешения вещества древней литосферной мантии и пород верхней части земной коры с глубинным первичным мантийным источником. Это подтверждается концентрической зональностью разноглубинного магматизма. Действие плюма началось в раннем девоне, в результате чего образовалось огромное Архангельское поднятие без какого-либо проявления магматизма. Диаметр этого поднятия составил около 1400 км, что вполне соответствует площади растекания мантийного плюма. В позднем девоне центральная часть этого палеоподнятия подвергается растяжению, в результате чего происходит внедрение щёльно-ультраосновных пород и базальтов по разрывным нарушениям. Мантийным источником кимберлитов и родственных им пород И.Л.Махоткин с соавторами считают древнюю, обогащённую редкоземельными элементами мантию, чем и объясняет обогащённость эруптивных пород REE. Не совсем понятно, как древняя мантия могла обогащаться REE до столь высоких концентраций (в эруптивных породах ААП содержание La и Ce составляет 8,3-152,4 и 13,3-243,1 г/т соответственно, в то время как в первичной мантии содержание этих элементов составляет 1,05 и 2,4 г/т соответственно) [17]. Также, не совсем понятно, как плюм диаметром 1400 км мог создать столь различные по содержанию некоторых

элементов (Fe, Ti, K, REE) группы пород (породы глинозёмистой, железо-титанистой серий и базальты) на участке диаметром всего 70 км. Непонятна роль рифейского рифта в размещении трубок взрыва. Наряду с этим, И.Л.Махоткиным с соавторами совсем не затрагивается вопрос о преобладании в кристаллах алмазов углерода экзогенного происхождения. Важными моментами работы И.Л.Махоткина являются установление узкого временного интервала проявления взрывного магматизма (375 – 362 млн лет) и понимание плюма как катализатора растягивающих напряжений в литосфере ААП, создавших зоны повышенной проницаемости, по которым происходило внедрение трубок взрыва.

Таким образом, для создания непротиворечивой геодинамической модели формирования ААП требуется ответить на ряд вопросов. Прежде всего: 1) если литосферная мантия является продуцентом кимберлитового и родственного ему магматизма, то за счёт чего мы наблюдаем столь высокую её обогащённость некогерентными элементами?; 2) какая причинно-следственная связь между рифейским рифтогенезом и трубками взрыва рифейского возраста?; 3) почему трубки взрыва приурочены к выступам кристаллического фундамента внутри рифейских грабенов?; 4) почему наблюдается, в целом, концентрическая зональность характера проявлений трубок взрыва?; 5) почему породы глинозёмистой серии алмазопродуктивны, тогда как породы железо-титанистой серии либо слабопродуктивны, либо непродуктивны вообще.

Можно предположить, что кимберлитовые магмы, образующиеся в результате плавления осадков, затягивающихся в зоны протерозойской субдукции, консервировались под континентальной литосферой, но не в виде жидких расплавов, способных к дифференциации, а в виде очагов с промежуточным, 'консервативным' состоянием субстрата, который в условиях декомпрессии способен быстро переходить в подвижный, маловязкий расплав и проникать на большие расстояния в коровых условиях. Вариации $\delta^{13}\text{C}$ в алмазах ААП, как правило, не выходят за пределы -10 и -3 ‰ [1], что, согласно О.Г.Сорохтину [10], является доказательством экзогенного происхождения углерода. Таким образом, "экзогенный" изотопный состав углерода алмазов, как и резко обогащённый некогерентными элементами мантийный субстрат литосферы [16] – главный продуцент кимберлитовых расплавов, можно объяснить только с позиции затягивания высокодифференцированных экзогенных осадков на глубину механизмом субдукции. Направление этого процесса для ААП однозначно восстановить не представляется возможным, так как латеральной изменчивости разноглубинного магматизма мы не наблюдаем.

В истории формирования ААП можно выделить два импульса плюмового тектогенеза: рифейский и позднедевонский. В результате воздействия рифейского плюма на литосферу ААП, возникает Кольско-Двинская палеорифтовая система, представляющая собой чередование грабенов и выступов, имеющих, главным образом, северо-западное простирание. Создание рифтов сопровождалось образованием большого количества разрывных нарушений, которые создавали условия декомпрессии для магматических очагов, находящихся под этими участками коры. В результате этого, опущенные блоки коры, подвергшиеся деструкции, теряли весь

алмазосодержащий субстрат, располагавшийся под ними. Приподнятые же блоки коры, не подвергшиеся деструкции в рифее, смогли сохранить под собой уплотненный субстрат, который оставался в законсервированном состоянии вплоть до проявления второго импульса плюмового тектогенеза в позднем девоне. Этим, возможно, объясняется приуроченность подавляющего большинства трубок взрыва к выступам фундамента (кроме Ижмозёрского поля и базальтов) [5]. Приподнятые блоки, не подвергшиеся деструкции, находясь в общей зоне разогрева рифейским восходящим плюмом, скорее всего, занимали гипсометрическое положение, близкое к фазовому переходу графит-алмаз, о чём свидетельствует преобладание в трубках взрыва ААП алмазов, подверженных растворению (кубы и додекаэдры, поверхности растворения, каналы травления и т. д. [18-20]). В дальнейшем, после прекращения воздействия восходящего плюма, блоки литосферы постепенно остывали и опускались до глубин, создающих давления, благоприятные для кристаллизации новых генераций алмазов (об этом свидетельствует нахождение в классе $-0,5$ мм кристаллов только октаэдрического габитуса [1]). В позднем девоне проявляется второй импульс плюмового тектогенеза (возраст всех вулканических проявлений ААП не выходит за пределы интервала 375 – 362 млн. лет) и территория ААП вновь подвергается условиям растяжения. Растягивающие напряжения в позднем девоне имели направленность, отличную от рифейской. В результате этого, позднедевонские разрывные нарушения не наследовали ослабленные зоны, образованные в рифее, а создавали свои новые зоны, секущие рифейские рифты и горсты. Благодаря образованию разрывных нарушений в приподнятых блоках, не подвергшихся деструкции в рифее и сохранивших под собой алмазосодержащий субстрат, возникали условия декомпрессии, позволяющие субстрату переходить в маловязкий расплав, который стремился к поверхности, образуя трубки взрыва.

На основании изложенного, можно сделать вывод, что причинно-следственной связи между рифейским рифтогенезом и размещением трубок взрыва девонского возраста нет, что это случайное совмещение в пространстве двух импульсов внутриплитного тектогенеза ААП. Это является весьма странным обстоятельством, так как в большинстве алмазоносных провинций Мира обнаруживается тесная связь между рифтогенезом и проявлениями кимберлитового магматизма [21]. Напрашивается вопрос – почему рифейский рифтогенез не стал кимберлитобразующим? Ведь, согласно субдукционной модели, в основании литосферы уже имелись соответствующие расплавы (или своеобразный субстрат). По-видимому, либо рифейские трубки взрыва не обнаружены, так как находятся на значительных глубинах, либо их и не было за счёт частичной деструкции мантийным плюмом алмазосодержащего субстрата.

Слабую алмазоносность высокощелочных пород железо-титанистой серии, по-видимому, следует связывать с агрессивностью расплавов, дающих указанную серию. Так как существуют исключения из этих правил (высокоалмазоносная трубка им В.П.Гриба), напрашивается вывод о том, что высокоагрессивные расплавы (в данном случае – железо-титанистая серия повышенной щёлочности и калиевости) является лишь поставщиком, но не производителем алмазов. Такая ситуация отмечалась для пород лампроитового ряда. В глинозёмистой серии

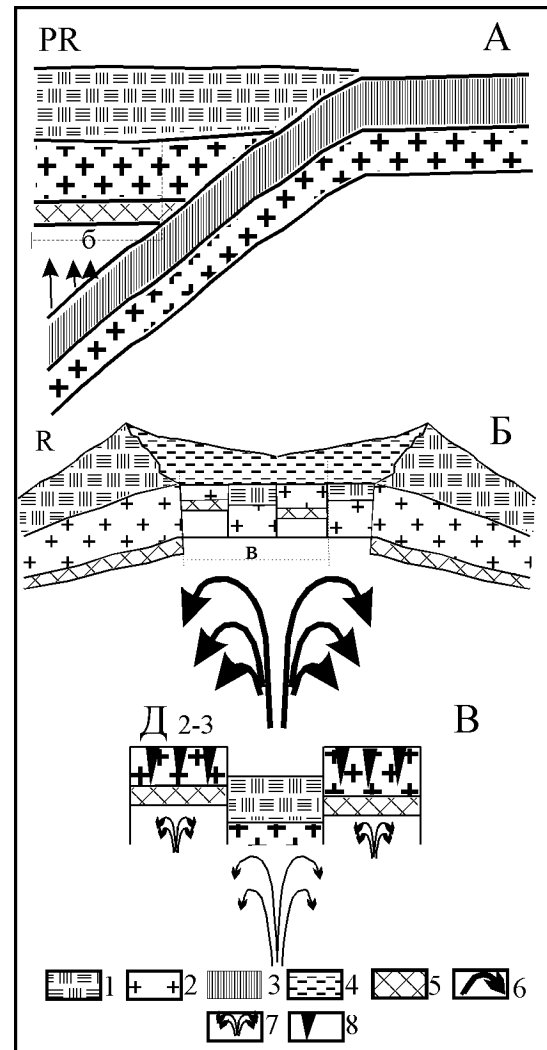


Рис. 7. Геодинамическая модель формирования ААП: 1 – континентальная кора; 2 – литосферная мантия; 3 – субдуцирующая плита с высокожелезистыми и высокоуглеродистыми осадками; 4 – осадочные породы, выполняющие рифейские рифты; 5 – алмазосодержащий мантийный субстрат; 6 – рифейский восходящий плюм; 7 – восходящие струи позднедевонского плюма; 8 – трубки взрыва. Рис. Б характеризует развитие участка “б” в рифейское время; рис. В характеризует развитие участка “в” в позднедевонское время.

содержание алмазов более устойчивое, что является отражением более стабильных условий, благоприятных консервации алмазов. Другими словами, первичный законсервированный субстрат, содержащий алмазы, ближе соответствовал глинозёмистой серии, сформировавшейся за счёт субдукции, в то время как железо-титанистая серия является порождением более глубоких условий плюмового тектогенеза.

В результате действия рифейского плюма, сформировалась внутририфтовая клавишная структура, под опущенными блоками которой алмазоносный субстрат был уничтожен мощным плюмом рифейского этапа и сохранился лишь под поднятыми блоками, что увязывается с существующими закономерностями размещения трубок взрыва.

Таким образом, интеграционная геодинамическая модель формирования ААП предполагает: 1) действие субдукции, проявленной в раннем протерозое; 2) консервацию алмазообразующего субстрата не в виде расплава, а, по-видимому, в виде твёр-

дой фазы; 3) рифтогенез в рифейское время под действием мощного плюма, в результате которого широко проявлен щелочной магматизм, в том числе в Карело-Кольском регионе; 4) действие повторного, более локального плюма в девонское время, результатом которого явилось формирование ААП (рис. 7).

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатиков О.А. и др. Архангельская алмазоносная провинция // М., 2000. -522с.
2. Саблуков С.М. Вулканизм Зимнего Берега и петрологические критерии алмазоносности кимберлитов: Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. н. -Москва, 1995. -24с.
3. Веричев Е.М., Саблуков С.М., Саблукова Л.И., Журавлёв Д.З. Новый тип Алмазоносных кимберлитов Зимнего Берега (ААП) // Докл. РАН. -1999. -Т. 368, №2. -С. 217-221.
4. Сагайдак И.С., Третьяченко В.В. Поиски коренных и россыпных месторождений алмазов на Золотицко-Кепинской площади // Отчёт Беломорской геологической экспедиции «Архангельскгеология» о результатах поисков алмазов на Золотицко-Кепинской площади. Кн. I. -Поморье, 1995. -380с.
5. Ширококов В.Н. Некоторые особенности глубинного строения Зимнебережного алмазоносного района // Разведка и охрана недр. -1997. -№ 3. -С.56-62.
6. Эринчек Ю.М., Мильштейн Е.Д. Рифейский рифтогенез центральной части Восточно-Европейской платформы // СПб., 1995. -350с.
7. Крамм У., Когарко Л.Н. Магматизм рифтов и складчатых поясов. -М., 1993. -430с.
8. Щукин В.С., Колодыко А.А. Основные направления поисковых работ на алмазы на севере Восточно-Европейской платформы в связи с многоэтапностью кимберлитового магматизма // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. -Воронеж, 2001. -С.586-587.
9. Милашев В.А. Позиция кимберлитов Архангельской области в структуре Русской кимберлитовой провинции и стратегия поисковых работ на алмазы в регионе // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. -Воронеж, 2001. -С.575-577.
10. Сорохтин О.Г., Митрофанов Ф.П., Сорохтин Н.О. Происхождение алмазов и перспективы алмазоносности восточной части Балтийского щита. -Апатиты, 1996. -145с.
11. Сорохтин Н.О. Эволюция континентальной литосферы в раннем докембрии (на примере восточной части Балтийского щита): Дисс. ... д. геол.-мин. н. -Апатиты, 2001. -368с.
12. Millhollen G. L., Irving A. J., Wyllie P. J. Melting interval of peridotite with 5,7 per cent water to 30 kbars // J. Geol. -1974. -Vol. 82. -P. 575-587.
13. Tatsumi Y. Origin of Subduktion zone magmas based on experimental petrology // Physikal chemistry of magmas. L. L. Perchuk, I. Kushiro (Eds.). -New York, 1991. -P. 268-301.
14. Wyllie P. J., Sekine T. The formation of mantle phlogopite in the subduktion zone hibridization // Contrib. Mineral. Petrol. -1982. -Vol. 79. -P. 375-380.
15. Саблуков С.М., Саблукова Л.И., Шавырина М.В. Мантйные ксенолиты из кимберлитовых месторождений округлых алмазов Зимнебережного района, Архангельская алмазоносная провинция // Петрология. -2000. -Т.8, № 5. -С. 518-548.
16. Махоткин И.Л., Журавлёв Д.З., Саблуков С.М. и др. Плюм-литосферное взаимодействие как геодинамическая модель образования ААП // Докл. РАН. -1997. -Т.353. -С. 228-232.
17. Балашов Ю. А. Геохимия редкоземельных элементов. -Москва, 1976. -267с.
18. Махин А.И. Кристалломорфология и физические особенности алмазов месторождения им. Ломоносова (Архангельская алмазоносная провинция): Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. н. -Львов, 1991. -22с.
19. Вержак В. В. Геологическое строение, вещественный состав, условия образования и методика разведки месторождения алмазов им. М. В. Ломоносова: Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. н. -М., 2001. -23с.
20. Доусон Дж. Кимберлиты и ксенолиты в них. -М., 1983. -300с.
21. Дукарт Ю.А., Борис Е.И. Авлакогенез и кимберлитовый магматизм. -Воронеж, 2000. -161с.