



УДК 552.323.6

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА РОЛЬ АВЛАКОГЕНЕЗА В ФОРМИРОВАНИИ ТЕЛ АЛМАЗОНОСНЫХ МАГМАТИТОВ

А.Д.Савко, Л.Т.Шевырев

Воронежский государственный университет

Кимберлиты формируются на глубинах более 120 км в верхней мантии как продукт сложного взаимодействия коровых и мантийных процессов. Давно установлена связь диатрем с континентальными авлакогенами, которые рассматривались лишь как тектонические обстоятельства, способствующие проникновению их вещества к земной поверхности. Авторы, используя современные данные по геологии Океана, материалы Кольской сверхглубокой и одного из высокоалмазоносных районов Якутии (Мархинско-Тюнгская область), пробуют показать, что авлакогены в этапы дилатансии (декомпрессии) могут оказаться путем к формирующимся кимберлитовым расплавам для нисходящих первично метеорных вод, обогащенных всеми коровыми элементами, и тем самым участвовать в формировании кимберлитов.

Введение и постановка проблемы

Происхождение алмазоносных кимберлитов и лампроитов нельзя объяснить одним лишь выплавлением из мантийных гранатовых перидотитов. Некоторые геохимические черты этих пород могут свидетельствовать об участии корового источника в образовании вещества диатрем. К таковым относятся, как указали О.Г.Сорохтин с соавторами [1-3]: 1 - обогащение кимберлитов Ti, K, P, редкими металлами, литофильными и летучими (вода, CO₂), в т.ч. углеродом в 150 раз против кларковых значений, фосфором - в 25, калием - в 87, LREE (La, Eu - легкими редкоземельными европием и лантаном) - в 30-200 раз, ураном - в 1200 раз, торием - в 2300 раз, водой - в 120-370 раз (в мантии ее содержание 0,05%), двуокисью углерода - в 300-650 раз (содержание в мантии 110 г/т). Лампроиты содержат калия еще больше, до 7-10 мас. %, рубидия до 300-500 г/т, бария до 5-10 кг/т, стронция до 1-4 кг/т, легких редкоземельных элементов (РЗЭ), в т.ч. лантана до 300-500 г/т, церия до 600-1000 г/т, ниодима до 50-500 г/т, самария до 15-30 г/т. Более кларка в лампроитах урана в 400-4000 раз, тория - в 1700-20000, углерода - 20-800, воды - 25-70 раз; 2- включения в алмазах и прочих минералах кимберлитов углеводородов (в т.ч. спиртов и более сложных) с типоморфными отрицательными изотопными сдвигами по углероду; 3 - данные по изотопии флогопита из кимберлитов, по карбонатной фазе кимберлитов говорят о гетерогенности источников этой породы и об участии в ее образовании метеорной воды; 4 - не известна приро-

да углерода, азота, кислорода в мантии, неизменных компонентов кимберлитов.

О.Г.Сорохтин и др. [2,3], В.Б.Василенко, Н.Н.Зинчук, Л.Г.Кузнецова [4], A.I.Jaques et al. [5, с.128, 129], S.T.Crough [6], A.P. Le Roex [7], E.M.W.Skinner [8], W.E.Sharp [9], C.S.Eldridge [10] и многие другие исследователи полагают, что необходимые для формирования кимберлитов, но отсутствующие в верхней мантии компоненты могут быть доставлены на глубины алмазообразования 120-220 км субдукционным процессом, с веществом океанических литосферных плит. C.S.Eldridge [10] на основе изотопии серы и свинца пришел к выводу, что алмазоносные магматиты образовались при участии океанических осадков (в т.ч. богатых органикой карбонатных илов), которые оказались затянутыми под континентальную кору в раннем протерозое, 2 млрд лет назад. Плавление же вещества мантии имело место в позднем архее при мощностях литосферы 70-80 км. О.Г.Сорохтин с соавторами [3, с. 193], соглашаясь в основном с выводами C.S. Eldridge [10], уточняют, что, по их мнению, "все вещество кимберлитовых и карбонатитовых магм произошло за счет переплавления раннепротерозойских богатых железом пелагических осадков, затянутых на большие глубины под архейские континентальные щиты... Единственный путь объяснения их происхождения - это предположение, что эти породы или вещество, за счет которого они произошли, были в результате тектонических процессов перемещены из верхней части земной коры".

Между тем “пелагические осадки” в реальном Океане, и это хорошо известно океанологам и стратиграфам, весьма разнообразны по петрографическому и химическому составу. Причем составы эти, вклад отдельных петрографических разностей в общий комплекс пелагических отложений принципиально менялись не только в пространстве, но и от одного этапа геологического развития к другому этапу. Это не могло не отразиться на составах кимберлитов разных платформ и разных эпох внедрения. Однако один из важных постулатов геологии кимберлитов гласит: *существенных различий в химизме кимберлитов разных эпох (от докембрия до палеогена) и разных кимберлитовых провинций не существует*. Иными словами, разновозрастные кимберлиты всех провинций принципиально не отличаются. Это поразительное постоянства состава кимберлитов плейт-тектонисты традиционно не объясняют.

Аргументация, изложенная О.Г.Сорохтиным с соавторами, достаточно типична и лежит в основе плитно-тектонических реконструкций для всех древних платформ Земли. Но так как платформы отличаются многими присущими только им геологическими особенностями (мощности, строение осадочного чехла, время проявления магматизма, возраст фундамента, соотношение с соседними структурами), то в построениях добавляются различные элементы (влияние горячих точек, плюмовые эффекты и т.д.). К подобным построениям можно относиться поразному, тем не менее, специфический геохимический состав кимберлитов, поступивших на дневную поверхность из верхней мантии, но явно содержащих коровый компонент, требует объяснения.

Кимберлиты и авлакогены

Специалисты по плейт-тектонике, обращаясь к туманным временам раннего протерозоя, показывают направления перемещения океанических плит под континентальные древних платформ до глубин в сотни км, на которых происходит образование алмаза, чтобы доставить туда необходимые коровые компоненты. Таким образом, для объяснения образования важного, но совершенно ничтожного по объемам количества кимберлитового-лампроитового вещества задействованы несоизмеримые по масштабам планетарные процессы. Ничтожность результата (небольшие количества крохотных алмазоносных объектов) и грандиозность используемых для объяснений явлений, вот что поражает в плейт-тектонической альтернативе.

Если бы она была бы верна, кимберлиты и родственные им породы должны были бы оказаться не весьма редкими, иногда уникальными горными породами, а одними из самых распространенных. Но есть и еще одно следствие, которое должно вытекать из подобных реконструкций. Массовое погружение океанических плит под континентальную литосферу

не может не привести к колоссальным вариациям в строении и петрографическом составе верхней мантии по латерали. Фиксируются ли такие изменения?

Геологи-алмазники давно заметили не всегда явную связь проявлений кимберлитов с авлакогенами, или рифтами (Е.Е.Милановский считает эти термины синонимами). Есть весьма горячие сторонники авлакогенной гипотезы, со многими вариантами. Они приводят многие данные, подтверждающие подобные связи, например, для Сибирской платформы. Но есть и иные публикации, показывающие, что подобной связи не видно для Архангельской субпровинции. Там рифты имеют СЗ простирание, а ориентировка кимберлитовых полей - северо-восточная, тем не менее ряд авторов продолжают приписывать авлакогенезу важнейшую кимберлитоконтролирующую роль. Рифтогенные структуры в обстановках растяжения оказываются фактором, стимулирующим формирование кимберлитовых расплавов и поступление их на поверхность. Однако, роль их видится не только в этом. Они могут контролировать *не только* движение глубинного вещества *из мантии* (что хорошо известно), но *могут явиться и периодически возникающей дорогой в нее*. В обстановках растяжения массы нисходящих минерализованных подземных вод, содержащие весь комплекс “коровых” элементов (именно таковы воды базальных горизонтов осадочного чехла рифтов), возможно (и мы это обсудим ниже), способны достигать соответствующих уровней верхней мантии и ее диапиров, не только обогащая геохимические составы соответствующих пород коровыми элементами, но и стимулируя локальные критические обстоятельства, предшествующие становлению диатрем. Аналоги подобного глубинного проникновения коровых вод можно увидеть в современных гидротермальных системах Океана, с той разницей, что морские воды, уходящие в толщи океанических базитов, минерализованы намного меньше. Таким образом, в континентальных рифтах можно увидеть несомненные и не очень далекие аналоги рифтовых зон Океана, с которыми связано современное гидротермальное рудообразование (черные, белые курильщики). Новые обстоятельства позволяют аргументировать сходство океанических и континентальных рифтогенных структур: обнаружение в продуктах их активности одной и той же своеобразной ассоциации самородных металлов-интерметаллидов: цинкистой меди, соединений олова, железа и золота. В воде черных курильщиков над их факелами содержания ультратонких зерен цинкистой меди составляет десятки знаков на литр [11]. В осадочных толщах зон влияния глубинных разломов Воронежской антеклизы, апофиз рифейского Пачелмского авлакогена, самородные латунь, олово, железо, ртутистое золото той же что и у черных курильщиков размерности обнаружены в 186 пунктах [12]. В последней работе мы постарались показать все подобие эксгальционно-осадочных проявлений интерме-

таллидов Русской платформы и того, что пляшет в водах факелов Восточно-Тихоокеанского поднятия (современный возраст тех и других, аналогичные размерность, комплекс элементов-примесей, при изменчивости в обоих случаях такого состава от зерна к зерну цинкистой латуни в воде одного и того же курильщика или одного и того же проявления Воронежской антеклизы). Однако если пририфтовые выходы черных курильщиков легко различимы, выбросы из них минерализованных вод колоссальны, а температуры таких вод доходят до 600° , то подобные же эксгаляции на платформах невидны, малодобитны в каждом случае, но весьма существенны в объемах для каждого авлакогена, учитывая длительность их существования. О глубинности поступления вещества интерметаллидов Воронежской антеклизы говорит неперемнная примесь ртути, металла мантийного [13], содержания которого в зернах доходит до 13,6%. Обнаружить массовое присутствие представителей подобной “океанической” ассоциации самородных металлов в осадочном чехле апофиз рифтогенных структур Русской платформы удалось лишь в самое последнее время, благодаря использованию новых совершенных приемов экстракции рудного вещества (технологии ЦВК-100 и МКТС). Вспомним, что только сейчас современные технологии позволили обнаружить ультратонкие пленки тех же самых интерметаллидов на поверхности большинства кристаллов алмаза якутских и архангельских [14], что во всех трех случаях (интерметаллические соединения черных курильщиков Океана, пририфтовых осадочных толщ древних платформ, поверхности кристаллов алмаза) мы имеем дело с воздействием мощных трансмагматических флюидов, глубинность которых сопоставима с глубинами формирования кимберлитовых расплавов. И тут интересно подробнее обсудить неистощимость этих мощных флюидов, что является темой, активно разрабатываемой в геологии Океана. По этим данным [15, с. 229-230, 233], термальные металлоносные воды курильщиков - это все те же морские воды, опустившиеся по трещинам рифтов на огромные глубины, насытившиеся химическими элементами, выщелоченными из пород ложа и вернувшиеся назад в океаническую водную среду. Общие особенности этого процесса таковы: 1 - в крайних глубинных циркуляционных системах (низкоспрединговые зоны, 2 см/год, рифт хребта Рейкьявик) воды часто достигают низов коры - верхов мантии, а взаимодействующими породами являются ультрабазиты, реже габброиды. В осевых же циркуляционных системах (высокоспрединговые зоны растяжения, скорости спрединга порядка 10,3 см/год) глубины проникновения океанических вод ограничены кровлей магматической камеры. Прямые наблюдения свидетельствуют [15, с. 185, 186] о проникновении таких вод на 3 км в Исландии, где они участвовали в метаморфизме не только базальтов, но и габброидов на глубине. Тот же процесс

отмечен и для о. Кипр, где воды воздействовали и на базальты, и на габбро массива Троодос на глубине 2 км; 2 - основная реакция океанических вод с породами - серпентинизация, протекающая при температуре около 500° и давлении около 1 кбар; 3 - в недрах Океана на указанных глубинах постоянно действует колоссальный химический реактор, пропускающий через себя в течение трех миллионов лет всю океаническую воду, со всеми ее коровыми элементами, которые непосредственно доставляются на глубины, в т. ч. в верхнюю мантию. 25% всего кислорода в базальтах даже третьего слоя, по данным изотопии (материалы 37-го рейса “Гломар Челленджер”), это кислород морских вод [15, с. 194]; 4 - *чем ниже параметры спрединга (раздвижения бортов рифта), тем более глубоко проникают воды.* Для нас это наблюдение очень важно. Растяжения континентальных рифтов процесс намного более медленный, чем в низкоспрединговых зонах океана, поэтому можно рассчитывать на еще более глубокое проникновение минерализованных вод, локализованных в базальных горизонтах осадочного выполнения рифтов; 5 - глубинность проникновения вод в недра ограничены свойствами самой воды [15, с. 184-190]. Есть критическая t , до которой чистая вода может нагреваться, проходя через земную кору. Она связана с давлением так: при 250 барах - 375° , 450 барах - 400° , 700 барах - около 500° . Для минерализованных вод (какими являются воды основания осадочной толщи континентальных рифтов) *величины выше*; 6 - существует ячеистая система распределения восходящих и нисходящих струй циркулирующих вод. В Галапагосском спрединговом центре размеры ячеек (расстояния между участками с высокими и низкими значениями теплового потока; первые связывают с восходящими, вторые - с нисходящими потоками вод) - 6 ± 1 км; 7 - глубина проникновения вод связана с присутствием разрывов и трещин, причем для обеспечения циркуляции достаточна ширина последних 3 мм. Проникновение морской воды в горячую зону локально и быстро охлаждает ее, формируя зону трещиноватости по периферии. Там могут существовать мощные горизонтальные водные потоки, в пределах третьего или низов второго слоя океанической коры, о чем свидетельствуют данные глубоких скважин 37-го рейса “Гломар Челленджер”; 8 - геоморфологическое положение начальных придонных точек *нисходящих потоков* характеризуется нахождением на больших глубинах (*депрессии*), чем выходящих горячих струй (поднятия). Как видим, водоносные толщи нижних частей осадочного чехла континентальных рифтов, с этой точки зрения, весьма подходящие объекты для формирования именно нисходящих потоков - днища авлакогенов погружены на несколько км; 9 - водоносные придонные морские осадки считают значительным препятствием для продвижения поверхностных вод в недра. Их коэффициент проницаемости на несколько порядков ниже скальных пород ложа.

Гидротермальная циркуляция (погружение и выход на придонный уровень) морских вод прекращается уже при мощности осадков 50 м [15, с. 187]. Поэтому в континентальных грабенах с огромными мощностями осадочного чехла и многими промежуточными водоносными горизонтами, поступление вод в глубины предполагается только из самого нижнего, локализованного в базальных аркозах, залегающих на скальном водоупоре пород фундамента. Воды базального горизонта, к тому же, наиболее минерализованны коровыми элементами.

В 1979 г. О.Г.Сорохтин, как об этом свидетельствует А.П.Лисицин [15, с. 185], рассчитал максимальную глубину на которую в принципе могут опуститься морские воды. Он определил ее в 4,5 км, исходя из условий равенства давления вышележащих пород и предела прочности на скалывание стенок трещин. Данная величина представляется резко заниженной, так как здесь же А.П.Лисицин указывает на глубинность землетрясений в рифтовых зонах до 10 км, спусковым механизмом которых, скорее всего, и являются периодически поступающие на эти глубины массы морской воды. И в самом деле, N.J.Price [16] показал, что трещины на глубинах 4-5 км действительно закрываются из-за недостаточной механической прочности, но **при одном принципиальном условии - если не заполнены газово-жидким флюидом**. В рифтовых зонах они на больших глубинах заполнены флюидами всегда. Поэтому известный алмазник Н.Н.Перцев и др. [17] при обсуждении вопроса о становлении алмазоносных пород месторождения Кудымколь (зерендинская серия нижнего протерозоя Кокчетавского массива) выделяет в геосинклинальных формациях, интродуцированных гипербазитами, *“особый тип, сопряженный с разломами, уходящими в глубины алмазоносной мантии”*. И здесь уже не далеко до допущения по таким разломам двустороннего движения, а не только поднятие колонн мантийного вещества. И уже практически прямой ответ на этот вопрос можно найти в материалах по геологии Кольской сверхглубокой скважины [18, с. 84, 99].

Кольская сверхглубокая - воды современные или древние?

Там притоки вод наблюдались на многих уровнях (рис. 1), например, в верхней части *зоны разуплотнения* на глубинах 5700-6842 м, при этом они сопровождалась максимальными концентрациями ртути (0,3-0,6 г/т, в среднем). Из этого хорошо видно, что вести расчеты проникновения вод, исходя из того, что с глубиной давление только возрастает, не совсем корректно даже не для рифейских рифтов, о которых ведем речь, но - для консолидированных площадей Печенгского геоблока древнего Балтийского щита. Еще один урок Кольской сверхглубокой - опровержение общепринятого тезиса, говорящего об отсутствии гидротермального

оруденения на глубинах более 5 км из-за невозможности существования там открытых трещин, подводящих путей рудных растворов. Гидротермальное оруденение в скважине встречено по всему интервалу до глубины 12262 м, причем на огромных глубинах минерализация иногда соответствует таковой приповерхностных низкотемпературных зон. В породах разреза К-3 на больших глубинах *присутствуют многочисленные открытые трещины, мощные зоны трещиноватости, разуплотнения, тектонических нарушений, сопровождаемые иногда притоком минерализованных растворов*. Интересно и то, что даже в архейском комплексе (интервал 9500-11000 м) отмечено присутствие самородных металлов, хорошо известных для курильщиков Океана - цинкистой меди, олова, соединений типа (Cu, Zn, Ni, Co), а также интерметаллида (Pb₃ Bi). Цинкистая медь [18, с. 103, 123], как и прочие природные сплавы, встречается *в микротрещинах*. Образует чешуйки и зерна неправильной формы. Ее образец с глубины 10 154 м содержит (масс. %) Cu (65,03), Fe (1,33), Zn (30,28), Ni (0,12). Интересно, что подобных интерметаллидов не установлено в приповерхностных породах геопроостранства скважины, косвенный признак их связи с интрателлурическими флюидами, скорее всего, современными. Зоны повышенной проницаемости массива и водопроявлений в них (интервалы 800-2200, 4500-5000, мощная зона - 7500-9000 м) имеют существенные изменения плотности теплового потока, высокие значения коэффициента временных вариаций термоградиента. Зона водопроявлений на глубинах 3300-3400 м повышенных значений термоградиента не имеет [18, с. 184, 185]. Зоны водопроявлений в интервалах 500-800, 1000-1150, 1750-1900, 4400- 4800, 6150-6400 соответствуют локальным вариациям плотности теплового потока. К зонам водопроявлений 5000-5200 и 6200-6700 приурочены участки с повышенными значениями среднеквадратичного отклонения плотности теплового потока. Описаны подробно эти зоны в работе А.А.Кременецкого, Л.Н.Овчинникова [19]. (Там, кстати, упоминается и глубокая Маннибаевская скважина 20000, где на глубинах 4703-5099 м зафиксированы хлоридно-натриево-кальциевые воды с минерализацией 283 кг/м³ и растворенными УГВ, т.е. кольский случай не единичен).

А.А.Кременецкий и Л.Н.Овчинников [19, с. 166,167] предложили такую гипотезу формирования глубинных водоносных горизонтов и зон разуплотнения Кольской сверхглубокой: 1 - в раннем протерозое произошло заложение рифтогенной структуры, днище которой, сложенной породами архея и развитой по ним корой выветривания с метеорными водами, погрузилось и оказалось запечатанным покровами андезито-базальтов. Таким образом обеспечивается попадание и захоронение в архейских породах метеорных вод; 2 - в следующую, но тоже раннепротерозойскую, стадию растяжения и погружения воды еще раз закрываются потоками толеито-

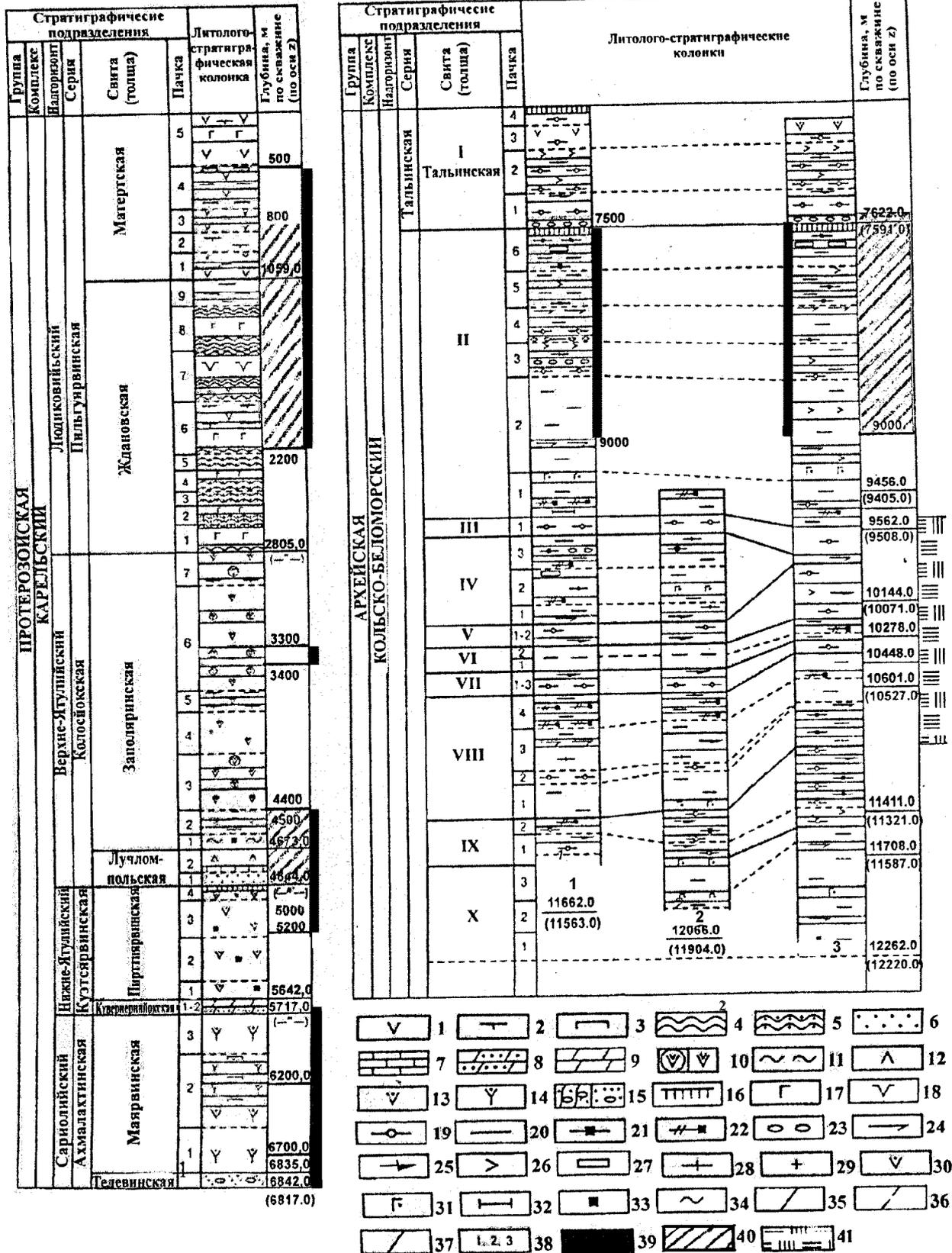


Рис. 1. Положение обводненных зон повышенной проницаемости и положение оруденелого интервала (ультратонкое золото, самородные цинкистая медь, олово, железо, кремний) в разрезе скважины СГ-3. [18, с. 36, 37 и др.]: 1- метабазальты; 2- основные метатUFFы, туфоогенно-осадочные породы; 3- пироксеновые и пикритовые метапорфиры; 4- алевролиты, песчаники, филлиты; 5- олиго- и полимиктовые песчанистые доломиты; 6- аркозовые песчаники; 7-доломиты, песчанистые доломиты; 8-доломитовые метапесчаники; 9-метадоломиты; 10-актинолитизированные метадиабазы: а) шаровых лав; б) покровов; 11-талк-биотит-плагиоклазовые сланцы и милолиты по ультрабазитам; 12- метадициты, метариолиты; 13-метатрахибазальты, метатрахизандезитобазальты и

сланцы по ним, метатрахиты; 14-метаандезиты, метабазальты, метапикритобазальты и сланцы по ним; 15- косо-слоистые метапесчаники с прослоями конгломератов, гравелитов; 16-метаморфизованная кора выветривания; 17- габбро, габбро ортоклазовые; 18- серпентинизированные перидотиты (верлиты); 19- биотит-плагиоклазовые гнейсы с высококальциевыми минералами; 20- биотит-плагиоклазовые гнейсы с высококальциевыми минералами; 21- амфибол-магнетит-кварцевые сланцы (железистые кварциты); 22-эпидот-магнетит-биотит-амфибол-плагиоклазовые сланцы и одноименные гнейсы; 23-метаконгломераты, параамфиболиты; 24-эпидот-биотит-роговообманковые породы; 25-гранат-роговообманковые породы; 26-куммингтонит-роговообманковые породы; 27-клинопироксен-роговообманковые эпидотсодержащие и эпидот-роговообманковые; 28-син- и позднекладчатые плагиомигматиты, граниты, пегматиты; 29-посткладчатые порфиридные граниты и пегматиты; ортоамфиболиты высокотитано-железистых метадолеритов и метапикритов; 30- аподиабазовые (роговообманковые, бластоминдалекаменные); 31- апогаббровые (сфен- и диопсидсодержащие роговообманковые, ильменит-магнетит-роговообманковые, гранат-клинопироксен-роговообманковые); 32- ультрамафитовые (биотит-актинолит-антофиллитовые и тальк-биотит-актинолит-антофиллитовые, сланцеватые); 33- магнетит; 34- хлоритизация; 35- контакты слоев, тел; 36,37 - границы соответственно пачек, слоев; 38- номера стволов в хронологической последовательности; 39- зоны повышенной проницаемости, водопроявлений; 40- существенные изменения плотности теплового потока; 41- интервал минерализации, содержащий ультратонкое золото, цинкистую медь, самородные олово, железо, кремний.

вых и гипабиссальных пикрит- базальтов. Последние вызвали регрессивный метаморфизм архейских пород, высвобождение большого количества свободной воды из перекрытых метаандезитобазальтов, увеличение в 2-3 раза пористости пород печенгской серии за счет микрогидроразрывов из-за давления выделившегося флюида, активное выщелачивание силикатов ремобилизованными водами. Это и есть действие гидрогенно-химического механизма формирования зон разуплотнения; 3-гидрогенно-химический механизм - эффективный источник метаморфогенного рудообразования. Газонасыщенность глубинных пород зоны разуплотнения Кольской скважины СГ-3 на глубинах 3 640 м, 6 225 м - это пары воды, CO₂, H₂ в закрытых порах, а флюидная фаза - хлоридно-натриевая; 4 - часть выделившегося при метаморфизме флюида захороняется в зонах разуплотнения, другая - идет на экстрагивание из пород рассеянных в них элементов с образованием растворимых комплексов тяжелых металлов, перенося их в соседние погруженные блоки фундамента; 5 - интенсивность гидротермально-метаморфогенного процесса напрямую зависит от водосодержания исходных толщ. Объем возникающего флюида может превосходить избыточный объем после перекристаллизации силикатной части, что вводит в действие механизм гидрогенно-химического разуплотнения.

Содержания элементов Ge, Li, Sc, Sn, Yb, Mo, Sr, Zr, Co, Ni, Zn, Cu в "метаморфогенном" растворе геопространства Кольской сверхглубокой составляют десятки и сотни мг/л. Как видим, ряд этих элементов (Yb, Zr и др.) -непрерывный участник химического состава кимберлитов.

Очень важно следующее замечание цитируемых авторов [19, 1986, с. 170]: "В рифтогенных структурах в период активного действия экранирующих пород флюид может перемещаться в область меньшего флюидного давления и на более глубокие горизонты коры". Несколько ниже они же используют, на наш взгляд, не очень доказанный тезис: "Глубинные зоны разуплотнения могут сохраняться в земной коре в течение чрезвычайно длительного геологического времени (более 1,5

млрд лет), опровергая устойчивое мнение о быстрой дегидратации и "высушивании" метаморфических толщ".

Из всего сказанного прежде всего отметим то, что попадание на глубины более 5 км поверхностных вод является следствием рифтогенного процесса раннего протерозоя. Тем самым А.А.Кременецкий и Л.Н.Овчинников датируют начало глубинной контаминации Печенского геоблока коровыми поверхностными элементами. Однако нельзя по меньшей мере по двум обстоятельствам согласиться, что *ныне* наблюдаемые в разрезе Кольской сверхглубокой высокотемпературные (первые сотни градусов) рассолы со значительной газовой (флюид) компонентой имеют какое-то отношение к карелию, являются даже далекими наследниками его процессов. Это: 1 - присутствие мощных ртутных эксгалаций в водоносной зоне разуплотнения на глубине 5700-6842 м (0,3-0,6 г/т при кларке, по К.Г.Видиполу, 0,08 г/т). То, что этот мантийный по происхождению металл зафиксирован в столь больших количествах уже на такой глубине (внизу есть еще несколько обводненных зон) верный признак тектонической раскрытости всего разреза снизу доверху. Не может быть и речи о "запечатанности" водоносных горизонтов со столь древних времен, так как ртуть элемент не только глубинный, но, что еще более важно, - "молодой", склонный к миграции. В мире не существует ее докембрийских или даже раннепалеозойских скоплений. А раз она присутствует, входит необходимым компонентом в газово-жидкое выполнение зон разуплотнения, значит, выполнение это появились здесь геологически недавно; 2 - присутствие на глубинах 9500-11000 м типичных компонентов металлоносных образований черных курильщиков Океана, своеобразной минералогической ассоциации - цинкистой меди, ультратонкого золота, самородных олова, кремния, железа. Важно, что все они локализованы в микротрещинах. Это те самые минералы, которые, по А.Б.Макееву [14], тончайшими пленками покрывают алмазы кимберлитов на глубинах формирования этих пород (120-150 км) и которые имеют важнейшую характеристику - недолговечность. Не только появление

окислительных обстановок. но и любая раскрытость камер захоронения цинкистой меди и ультратонкого золота ведут к их автораспаду из-за удаления летучих; что же говорить о длительном сохранении минералов в системах микротрещин, в которых описаны зерна самородных металлов.

Развиваемая здесь декомпрессионно-компрессионная (эжекционно-инжекционная) гипотеза процессов в рифтах и их апофизах рассматривает последние как поставщиков корового вещества в мантию с глубинными водами-рассолами, имеющими первично поверхностное происхождение. "Compressio" (лат.) - сжатие, "decompressio" - снятие сжимающих усилий. Гипотезой делается попытка найти место процессу контаминации верхней мантии коровым веществом в зонах влияния рифтов, особенностью развития которых в определенные очень длительные интервалы является чередование обстановок растяжения (дилатансии) и сжатия. Особенности эпох первых были длительность и малоамплитудность. Авлакогены Сибирской и Восточно-Европейской платформы испытывали непрерывно-прерывистое состояние дилатансии весь рифей, более миллиарда лет. Если бы растяжение происходило геологически быстро, сопоставимо со средне-спрединговыми рифтами Океана, мы имели бы резкую активизацию магматизма, немедленное заполнение возникающих свободных объемов коровыми и мантийными магматами. Медленное же длительное растяжение континентальных рифтов дает возможность осуществить декомпрессионный процесс принципиально иначе: возникающие трещины успевают заполниться глубинным флюидом, предохраняющим их от закрытия. При этом каждая следующая вспышка (волна) растяжений в рамках соответствующего этапа, вела к еще большему раскрытию тех же (так как основные параметры поля напряжений сохранялись) трещин и зон разуплотнения, локальному сбросу давления флюида. Нисходящие воды при этом получали возможность опуститься еще ниже, осваивая новые гипсометрические уровни, чему способствовала и их неизменно более низкая температура (из-за более высокого гипсометрического положения в разрезе), чем таковая окружающих пород (она вела к их охлаждению и еще большему растрескиванию), но также и гравитационный эффект. Последний весьма способствует любым нисходящим движениям, препятствуя восходящим. В этом смысле идущие вниз первичные метеорные воды имеют преимущество перед интрузиями, которым приходится подниматься к поверхности, преодолевая воздействие силы тяжести. Значительные приразломные раскрытия трещин очевидно способствовали разовым крупномасштабным прорывам вод в глубины, приводящим к вскипанию не только водно-газовых смесей (погружающиеся воды+глубинный флюид), но и окружающих пород. Это вело к формированию трубок взрыва преимущественно основного состава. Последние трассируют

пути погружения поверхностных вод в пределах зон влияния рифтов.

Собственно выброс весьма ограниченных масс кимберлитового материала, несоизмеримо малого по сравнению со всем объемом сформированной камеры расплава, канализировался частными (по сравнению с масштабами рифтов) глубинными структурами, прибортовыми субпараллельными или секущими рифты разрывами.

Авлакогены и кимберлиты Мархинско-Тюнгской области- обсуждение примера

В нашей профессии продуктивность выдвигаемых гипотез должна быть непременно рассмотрена на конкретных эталонных примерах. Таким примером может явиться Мархинско-Тюнгская область кимберлитового и родственного ему магматизма Сибирской платформы, Для этой части платформы хорошо изучен возрастной ряд (перечисляются от древних к молодым): "породы мантии" - "серпентиниты в кимберлитах" -" кимберлиты" [1; 2,с. 198-200]. Для диатремы Удачная Далдынского поля возраст мантийных ксенолитов, например, - 1203 млн лет, серпентинизированных перидотитов - 741-863 млн лет- кимберлитов - 329 млн лет (треки U).

Расположена Марха-Тюнгская область на юго-востоке Анабарской антеклизы, включает три важных алмазоносных поля, с промышленными содержаниями алмазов в кимберлитах: Алаakit-Мархинское (трубка Айхал), Далдынское (Удачная), Верхнемунское (Заполярная). Две крупные рифейских отрицательные структуры ограничивают Марха-Тюнгскую область, или овоид, как ее именуют за форму в плане: с запада Ессей-Алаakitский грабен, с востока - Палеовилуйский авлакоген. Последовательность декомпрессионно-компрессионных процессов при формировании высокоалмазоносных кимберлитов Марха-Тюнгской области глубинного щелочно-ультраосновного и щелочного основного магматизма рассмотрена с использованием материалов В.Т.Подвысоцкого, В.М.Иванова [21, с. 198-200], В.А.Дукардта, Е.И.Бориса [22, с. 74, 75], О.Л.Полторацкой [23], В.Ф.Кривоноса [24, с. 46-47]. Иллюстрирует ее серия геологических разрезов (рис. 2), на которых изображены:

А. Общая геологическая ситуация в пределах Марха-Тюнгской области. 1 - контуры области; 2 - рифейские авлакогены и грабены, в т.ч. авлакогены Палеовилуйский (П-В), Котуйский (К), грабены Ессей-Алаakitский (Е-А), Могдинский (М), ; 3- аномалии сопротивления земной коры на глубине 16 км в 10 килоом и выше. Эти крупные корово-мантийные неоднородности высокого сопротивления и повышенных сейсмических скоростей рассматривают как протокимберлитовые палеоочаги; 4 - глубинные разломы, контролирующие положение авлакогенов и грабенов; 5- осадочные толщи авлако-

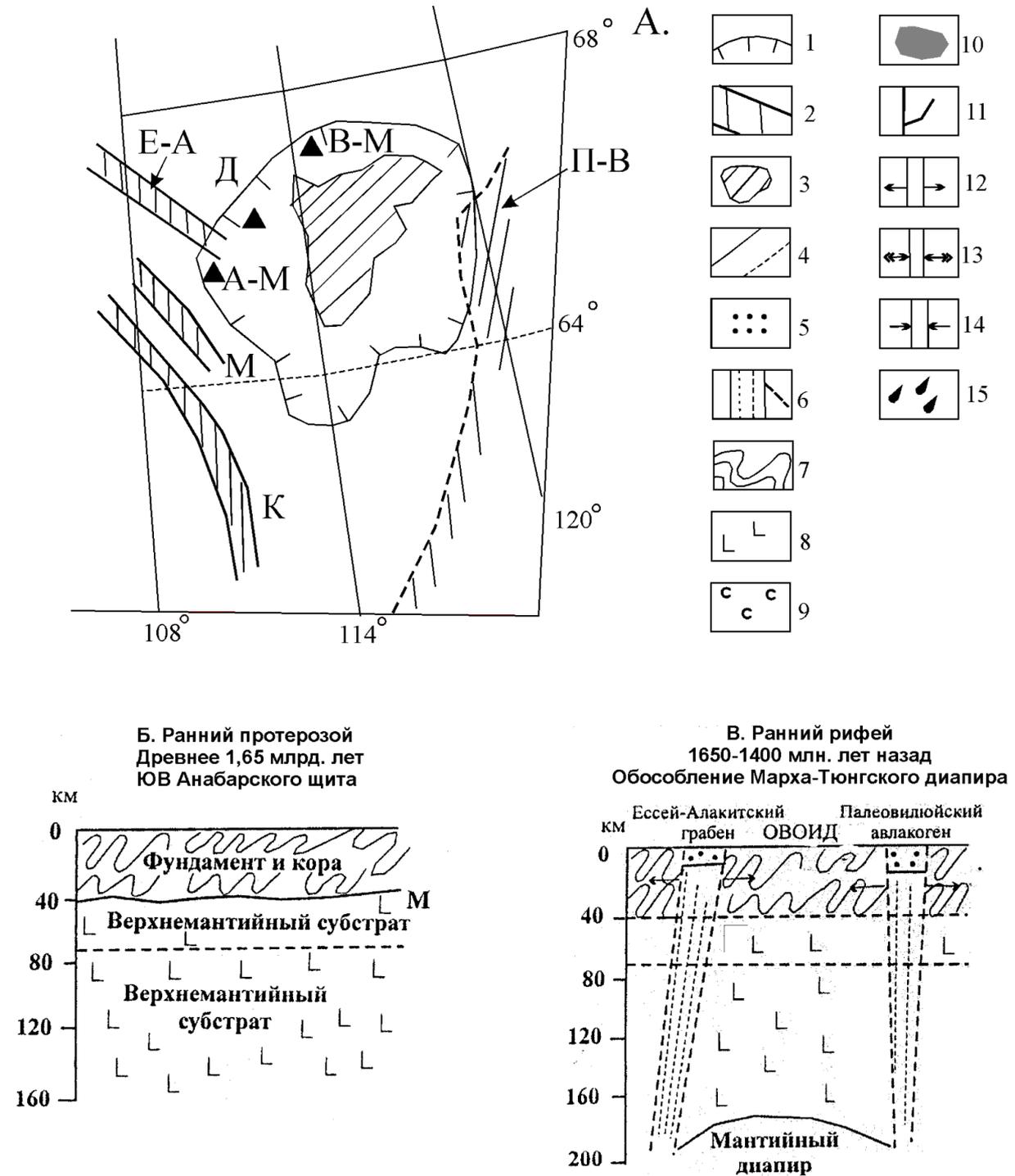


Рис.2. Последовательность декомпрессионно-компрессионных процессов при формировании высокоалмазоносных кимберлитов Марха-Тюнгской области глубинного щелочно-ультраосновного и щелочного основного магматизма с полями Алакит-Марзинским (А-М), Далдынским с трубкой Удачная (Д), Верхнемунским (В-М). (Продолжение рис. 2 на стр. 15, пояснения приведены в тексте).

генов и грабенов; 6- микротрещины в породах под днищами авлакогенов и грабенов, уровни, достигаемые первично поверхностными водами в соответствующие временные интервалы; 7 - породы коры; 8- алмазоносные породы мантии; 9- зоны метасоматического преобразования пород (серпентинизация); 10- магматические очаги; 11 - диатремы кимберлитов.

Б-Е. Геологические разрезы по линии 1-1 через трубку Удачная для временных интервалов:

Б. Ранний протерозой, древнее 1650 млн лет назад.

Додекомпрессионный этап. Нормальное недислоцированное положение разделов М-кора и коровых.

В. Ранний рифей, 1650-1400 млн лет назад.

Преимущественно декомпрессионный этап (дилатансия). Заложение авлакогенов, их апофиз-грабенов вдоль возникающих систем глубинных разломов. Последовательное компенсационное захоронение осадочных толщ и их водоносных горизонтов в пределах погружающихся днищ. Обособление Марха-Тюнгского овиода. Начало компенсационного процесса формирования мантийного диапира алмазоносных гранатовых перидотитов.

Г. Средний рифей. 1100-1400 млн лет назад.

Декомпрессионно-компрессионный этап 11 (частая смена обстановок дилатансии и сжатия). В грабенах осадконакопление отсутствует или замедлено (в Уринском антиклинории Центрально-Восточной части Сибирской платформы средний рифей из разреза выпадает, по Ю.А.Дукардту, Е.И.Борису [22, с. 111]). Последовательное нарастание процессов контаминации коровым веществом пород верхней мантии (с нисходящим движением первично метеорных вод по заполненным флюидом трещинам). Продолжается встречный компенсационный рост диапира гранатовых перидотитов как реакция на преобладающую обстановку дилатансии. Возраст пород диапира в трубке Удачная (ксенолиты) - 1203 млн лет;

Д. Поздний рифей. 1100-680 млн лет назад.

Декомпрессионно-компрессионный этап 11 (частая смена обстановок дилатансии и сжатия). В грабенах возобновление осадочного процесса. Достижение нисходящим потоком корового вещества (с первично поверхностными водами) кровли и склонов мантийного диапира, мощное развитие метасоматоза (серпентинизация и т.д.). Возраст серпентинизированных мантийных пород - 741-863 млн лет.

Е. Терминальный рифей (венд)-ранний ордовик. 680-470 млн лет назад.

Компрессионный этап (преимущественно сжатие). Взаимодействие поступившего с первично поверхностными водами корового вещества и гранатовых перидотитов диапира. Формирование кимберлитовых расплавов.

Ж. Поздний ордовик-силур. 470-410 млн лет назад.

Декомпрессионно-компрессионный этап. Обстановки дилатансии преобладают в интервалах, судя по данным трекового анализа цирконов в кимберлитах в интервалах 430-470 млн лет и 410-420 млн лет, с непродолжительным преобладанием сжатия на рубеже раннего и позднего силура. Раскрытие глубинных разломов грабенов и их апофиз, взрывные выбросы 1 (430-470 млн лет назад) и 11 (410-420 млн лет назад) на поверхность вещества кимберлитов (возможно, верхней, наименее алмазоносной, части расплава) и родственных пород. Заложение основных диатрем Марха-Тюнгского района, в т.ч., судя по трекам U в цирконах кимберлитов, полей Алакит-Мархинского (412-419, 430-469 млн лет), Далдынского (427 млн лет назад), Верхне-Мунского (423, 440, 451 млн лет назад).

З. Ранний-средний девон. 385-410 млн лет назад.

Компрессионный этап (преимущественно сжатие). Закрытие разрывов, ограниченное поступление корового вещества с первично поверхностными водами в нижние части коры и глубже. Дальнейшее обособление кимберлитовых расплавов от материнского диапира.

И. Поздний девон-ранний карбон. 310-385 млн лет назад.

Декомпрессионный (основной продуктивный) этап. Раскрытие глубинных разломов, взрывное прохождение алмазоносного кимберлитового вещества по каналам, сформировавшимся в позднем ордовике-силуре, и по вновь возникшим каналам.

Выводы

Понимание декомпрессионно-компрессионных процессов в рифтах и их апофизах континентов как поставщиков корового вещества в мантию с глубинными водами-рассолами способно прояснить несколько важных обстоятельств, связанных с формированием алмазных магматитов:

1- *отчего алмазоносные кимберлиты бывают только на древних платформах.* Это связано с особой медленностью раздвижения бортов платформенных рифтов, что позволяет высокоминерализованным водам их базальных горизонтов достичь глубин формирования кимберлитовых выплавов и принять участие в этом процессе (обогащение расплава гранатового перидотита необходимыми коровыми компонентами, стимулирование кратких по времени выбросов кимберлитового вещества). Зоны же растяжения геосинклинальных областей с большими градиентами дилатансии (далекие аналоги высокосрединговых зон Океана) подобные процессы обеспечить не могут (как и в океане, такое растяжение провоцирует быстрый подъем магматических масс, перекрывающих водам дорогу в глубины);

2- отчего кимберлитовые тела встречаются и вне рифтов, не обнаруживая с последними видимой связи. Последнее отмечалось выше для Архангельской субпровинции. Тем не менее кимберлиты тяготеют если не к бортам самих рифтов [25], то все-таки - к секущим рифты глубинным разломам, существованию, апофизам тех же рифтов.

Огромные протяженные рифты и их апофизы, развивающие синхронно, ответственны за доставку коровых вод с соответствующим комплексом элементов в верхнюю мантию на глубины формирования кимберлитовых расплавов, что должно происходить неоднократно. В первые этапы растяжения реализовывалась серпентинизация пород мантии, закрепляющая определенное разуплотнение мантийного вещества, первый шаг к формированию кимберлита. В последующие этапы новые порции коровых высокоминерализованных вод способствовали процессам вскипания и выбросу мантийного вещества с формированием диатрем на поверхности. Собственно выброс весьма ограниченных масс кимберлитового материала, несоизмеримо малого по сравнению со всем объемом сформированной камеры расплава, канализировался частными (по сравнению с масштабами рифтов) глубинными структурами, прибортовыми субпараллельными или секущими рифты разрывами;

3- отчего становление кимберлитовых тел столь отчетливо связано с определенными временными интервалами. В ранней работе [26] мы насчитывали восемь эпох мощного корообразования и кимберлитового магматизма. Мощные коры интересны тем, что с одной стороны они хронологически приурочены к тем временным интервалам, когда возможностей их формирования было больше - к глобальным этапам регрессии. Самим своим присутствием (ареально и в разрезах) мощные коры оконтуривают тектонически наиболее стабильные участки, так как сложены веществом весьма склонным к размыву и выносу. На практике это оказываются платформенные блоки с особенно большими мощностями литосферы ("крышки автоклава"), наиболее подготовленные природой для того, чтобы воздымающиеся кимберлитовые колонны могли достичь дневной поверхности и затем сохраниться от размыва.

В современной тектонике гипотеза литосферных плит является абсолютно доминирующей. Хотя в нашей стране она приживалась со значительным трудом, со смертью В.В.Белоусова критические подходы к ней стали редкостью и звучат больше на западе чем у нас (работы С.Warren Carey, L.Chevalier, Н.Н.Helmstedt, J.J.Gurney). Тем не менее в отечественной науке можно и сейчас найти работы, отмечающие некоторую виртуальность обывденных плитно-тектонических построений. Отметим среди нынешних критиков работы известного геолога В.Т.Фролова [27]. Тем не менее искать плейт-тектонизму альтернативу при исследовании алмазо-

носности, например, Русской платформы приходится прежде всего из самых настоятельных практических нужд. Более 10 лет, например, О.Г.Сорохтин развивал представления, объясняющие наличие алмазоносных магматитов в Финляндии, Карелии, Кольском полуострове, Архангельске пододвиганием в раннем протерозое плиты океанической с пелагическими осадками под нынешний русский Север. Шовная линия (нынешняя проекция зоны субдукции) отвечала полосе "Финский залив"-юг Коми". Тем самым противопоставлялись площади алмазоносные (к северу от "линии Сорохтина") остальной платформе, или остальному ее северо-западу. Объективно это ориентировало инвесторов на прекращение поисков в пределах Главного девонского поля, в Псковской, Новгородской и Ленинградской областях. К счастью, их не прекратили, и вот на Лужском участке Ленинградской области в 2001 г. уже открыты два кимберлитовых тела, из которых одно пока не опробовано, второе же алмазоносно [28]. Отмечается и нормальная связь нового кимберлитового поля с местными рифтами, которых здесь несколько и декомпрессионно-компрессионные связи с которыми магматиты обнаруживают (основные декомпрессионные процессы в рифтах имели место в девоне, кимберлиты тоже девонские). Таким образом, субдукционная "линия Сорохтина" оказалась швом не тектоническим, но виртуальным, разделяющим области разной современной обнаженности, разных современных условий поисков однотипных с Архангельскими кимберлитовых тел. В случае Воронежской антеклизы мы тоже имеем все основания обратиться к истории геологического развития окружающих ее авлакогенов. Зная положение разрывов-апофиз авлакогенов Пачелмского, Доно-Медведицкого, Днепрово-Донецкого, разделивших на блоки ВКМ, легче оконтурить положение двух или трех кимберлитовых полей, прогнозируемых в пределах Россошанского, Олымского архейских срединных массивов и, возможно, на изолированной площади развития пород архея южнее г.Липецка (ст. Дрязги). И некоторые результаты такого подхода уже есть - новые находки алмазов в промежуточных коллекторах северо-востока и юго-востока Воронежской антеклизы, сделанные авторами в содружестве с геологами "Аэрогеологии" (А.Ю.Егоров, Н.Т.Варагушин, С.А.Монтин), обнаружение многочисленных признаков мезозойских эксплозий (совместно с В.В.Ильяшом) в осадочном чехле тому свидетельство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Глобальная эволюция Земли. -М., 1990. -446 с.
2. Сорохтин О.Г., Митрофанов Ф.П., Сорохтин Н.О. Происхождение алмазов и перспективы алмазоносности восточной части Балтийского щита. -Апатиты, 1996. -143 с.

3. Сорохтин О.Г., Соболев Р.Н., Старостин В.И. Образование кимберлитов, лампроитов и связанных с ними месторождений алмазов // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: Матер. Всерос. совещ. - Сыктывкар, 2001. -С.192-193.
4. Василенко В.Б., Зинчук Н.Н., Кузнецова Л.Г. Геодинамический контроль размещения кимберлитовых полей центральной и северной части Якутской кимберлитовой провинции (петрохимический аспект) // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -2000. -№3 (9). - С.37-55.
5. Jaques A., O'Neill H.E., Smith C.B. et al. Diamondiferous peridotite xenoliths from the Argyle (AK-1) lamproite, Western Australia // Contrib. Mineral and Petrolog. - 1990. -№ 104. -P. 255-276.
6. Crough S.T., Morgan J.W., Hargraves R.B. Kimberlites: their relationship to mantle hot spots // Earth and Planet. Sci. Letters. -1980. -V.50. -P.260-274.
7. Le Roex A.P. Geochemical correlation between South African kimberlites and South Atlantic hotspots // Nature. -1986. -V. 34. -P.243-245.
8. Skinner E.M.V. Contrasting group 1 and group 11 kimberlite petrology: toward a genetic model for kimberlites // Kimberlites and related rocks. v. 1. Ross. Geol. Soc. of Australia Special Publication. -1989. -№ 14.
9. Späth W. A plate tectonic origin for diamond-bearing kimberlites // Earth and Planet. Sci. Let. -1974. -V.21. -P. 351-354.
10. Eldridge C.S. Isotope evidence for the involvement of the recycled sediments in diamond formation // Nature. - 1991. -V.353. -P.649-651.
11. Давыдов М.П., Судариков В.М., Колосов О.В. Самородные металлы и интерметаллические соединения в осадках и взвесах гидротермально активных сегментов Восточно-Тихоокеанского поднятия // Лит. и пол. ископ. -1998. -№ 1. -С. 17-29.
12. Савко А.Д., Шевырев Л.Т. Ультратонкое золото. - Воронеж, 2001. -151 с.
13. Озерова Н.А. Ртутная дегазация Земли // ДАН СССР. - 1978. -Т. 239, №2. -С. 450-453.
14. Макеев А.Б. Пленки самородных металлов и их генетическое значение // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. -Воронеж, 2001. -С.401-412.
15. Лисицин А.П., Богданов В.А., Гурвич В.Г. Гидротермальные образования рифтовых зон океана. -М., 1990. -256 с.
16. Price N. J. Rates of deformation // Journ. of Geol. Soc. - 1975. -V. 131. -P.553-575.
17. Перцев Н.Н., Маракушев А.А., Мохов А.В., Лапутина И.П. Условия залегания алмазоносных пород в земной коре // Отеч. геол. -2000. -№ 1. -С. 24-28.
18. Кольская сверхглубокая. Научные результаты и опыт исследований. -М., 1998. -260 с.
19. Кременецкий А.А., Овчинников Л.Н. Геохимия глубинных пород. -М., 1986. -262 с.
20. Петролого-геохимические черты глубинной эволюции вещества кимберлитовой и базитовой магматической систем. -Якутск, 1985. -235с.
21. Подвысоцкий В.Т., Иванов В.М. Некоторые закономерности размещения алмазоносных и потенциально алмазоносных ноубинных пород // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: Матер. Всерос. совещ. -Сыктывкар, 2001. -С. 198-200.
22. Дукардт Ю.А., Борис Е.И. Авлакогенез и кимберлитовый магматизм. -Воронеж, 2000. -161 с.
23. Полтарацкая О.П. Некоторые особенности глубинного строения Якутской алмазоносной субпровинции по геоэлектрическим свойствам // Геология, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. - Мирный, 1998. -С. 284-286.
24. Кривонос В.Ф. Относительный и абсолютный возраст кимберлитов // Отеч. геол. -1997. -№1. -С. 41-51.
25. Белов С.В., Фролов А.А. Алмазы или металлы, почему из одной магмы? // IV Междунар. конф. "Новые идеи в науках о Земле". -Т.2. -М., 1999. -С.123.
26. Савко А.Д., Шевырев Л.Т., Зинчук Н.Н. Эпохи мощного корообразования и кимберлитового магматизма в истории Земли. -Воронеж, 1999. -102 с.
27. Фролов В.Т. О модных интерпретациях геологической истории Крыма // Бюл. МОИП. -1998. -Т. 73, вып. 6. - С.13-20.
28. Михайлов М.В., Беляев В.А., Кузьмина Т.С. и др. Коренные источники алмазов Западно-Русской кимберлитовой субпровинции (Ленинградская область) // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: Матер. Всерос. совещ. -Сыктывкар, 2001. -С. 125-127.