

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОРИКО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ДРЕВНИХ ПЛАТФОРМ. СИНХРОННОСТЬ И БИПОЛЯРНОСТЬ
(на примерах распространения кимберлитов и карбонатитов)**

А.Д. Савко, Л.Т. Шевырёв

Воронежский государственный университет

Девять древних платформ, находящихся на континентах Земли, имеют общие и индивидуальные минерагенические особенности. Первых оказывается больше, если сравнить рудообразование наиболее стабильных, с самым древним фундаментом, менее измененных поздними процессами частей, далеко не всегда оказывающихся центральными. Вторые проступают при обращении к активизированным площадям. На основе историко-минерагенического анализа распространения наиболее глубоких магматитов — кимберлитов и карбонатитов, — рассмотрены аспекты одной из фундаментальных проблем геологии — синхронности и асинхронности основных событий геологической истории. Приведены аргументы в пользу представлений о том, что на фоне единых общепланетарных процессов в каждый временной интервал существуют площади с крайним их выражением, из-за чего выглядят внешне противостоящими остальным («всеобщность» и «биполярность» геологических процессов). Рассмотрены примеры обратного использования «правила Клиффорда» при реконструкции ареалов платформенного типа развития в прошлые геологические эпохи.

МИНЕРАГЕНИЧЕСКАЯ БИПОЛЯРНОСТЬ

Существуют ли всеобщие, планетарного ранга, черты у минерагенических этапов, в какой степени они свойственны *всем* древним платформам? Н.А. Штрейс и А. Дюпаль, полагали, что признаков единства больше у платформ, принадлежащих *одному полушарию* и меньше у структур разных полушарий. Тем самым, ими формулировался «принцип биполярности». В.М. Чайка [57, с. 97, 98] подтверждение «принципа» видел в общей для платформ Южного полушария панафриканской гранитизации венда-кембрия, наиболее полно проявленной в интервале 0,65-0,5 млрд лет, северных аналогов которой мы не знаем [57, с. 15, 97]). Этот исследователь объяснял крупные различия в минерагении платформ Юга и Севера особенностями глубинной дифференциации в системе ядра-кора-мантия, происходившими в архее > 3 млрд лет назад. Здесь он ссылаясь на S.R. Hart [66], описавшего распределение изотопов Pb и Sr, специфические значения которых характерны для части Южного полушария между экватором и шестидесятым градусом южной широты и особенно заметны при изучении базальтов срединно-океанических хребтов. Уместно вспомнить, что еще раньше Ф. Коссмат [69] увидел большие различия между Югом и Севером, которые описал так: юж-

ные платформы пребывают в состоянии аккреции («обрастания»), в то время как северным более свойственно раскалывание (что и видим на примере Китайской платформы).

Насколько едины минерагенические особенности для *всех* платформ одного полушария? Панафриканская гранитизация, сопровождаемая редкоземельно-редкометалльными пегматитами, отчетливо распознаваема на Южноамериканском, Африканском, Антарктическом континентах, очень слабо — в пределах Индостана (Южно-Индийский-Шри-Ланкийский пегматитовый район с месторождениями аквамарин, рубинов, крупночешуйчатого графита и т.д.), но — вовсе не выражена в гондванской Австралии. В пределах последней в «панафриканское» время преобладали совсем иные обстановки (выраженная дилатансия), нежели в иных частях «единого» Гондванского материка. Только в Австралии широчайших масштабов достиг раннекембрийский трапповый магматизм: на западе прогиба Офисер и плато Антрим формировались покровы толеитовых плато-базальтов. На плато они заняли 400 тыс. км² с мощностью траппов до 2 км и объемом излившихся лав до 100-400 тыс. км³ [32, с. 216]. Отдаленные аналоги этого грандиозного геологического явления находим не на платформах Юга, но в ином полушарии. В эвгеосинклинальном интракратонном прогибе Вичита на юго-востоке Северной Америки в венде и, возможно, *ранне-среднем*

кембрии после граувакков накопились *спилиты*, *базальты*, потом — риолиты [51, с. 82-86].

Индивидуальные минерагенические отличия гондванских платформ формировались не только в раннем палеозое. Вспомним, на *всех* платформах Земли, северных и южных, в архейской и нижнепротерозойской частях разрезов распространены коматиты, с которыми связаны золоторудные месторождения, повсюду с региональной геохимической спецификой. Как отметили С.Д. Шер и Б.И. Беневольский [20], в Южной Африке они *не содержат* теллуридов, в Австралии — сурьмы. Контраст усиливает то, что южноафриканским месторождениям свойственны не *некоторое* превышение фоновых концентраций Sb, но — превращение залежей в комплексные золото-сурьмяные. Таково, например, месторождение **Готик** в зеленокаменном поясе Гвело Южной Африки, которое при добыче одной тонны золота дало 377 тонн сурьмы.

Да, платформы Юга объединяет накопление в карбоне-триасе сходных по составу отложений гондванских серий с палеозойскими папоротниковидными семенными Glossopteridae. Это важный, но — наиболее общий фон. Требуется осмысления тот факт, отчего на юге Африке *верхнекаменноугольные* толщи серии Двайка преимущественно ледниковые (у кровли даже не ледниковые, с битуминозными сланцами и фосфоритами), нижняя пермь серии Экка — угленосная и неледниковая [51, с. 489-495], а в Австралии все наоборот: *верхний карбон* содержит эвапориты, ледниковые же толщи концентрируются в *основании нижнепермского разреза* [32, с. 222-225].

Получается, раннее южноафриканское и позднее западноавстралийское оледенения разделены миллионами лет и не являются аргументом в пользу единой позднепалеозойской Гондваны. То есть, не только историко-минерагенический, но и традиционный историко-геологический подходы предоставляют аргументы в пользу давнего конкурирующего представления о Гондване не как о едином материке, но — серии континентов с платформенным типом коры, разделенных морским пространством, и многочисленными островами-мостами, обеспечившими распространение сходной своеобразной фауны и флоры [10, с. 39]. Этой точки зрения придерживался в отечественной литературе Н.А. Штрейс [59]. Ему решительно возражала С.Е. Колотухина [23, с. 74, 75]. Она считала неверным противопоставление платформ рядов северного и южного, так как на континентах обоих

полушарий эти структуры имеют и эпиархейское, и эпикарельское, и эпирифейское основание, а крупнейшие минерагенические события на платформах обоих полушарий синхронны. Так, огромный гранитный лополит Кодаро-Удоканской зоны, как заметил Е.В. Павловский [39], по форме и возрасту (2,0-1,95 млрд лет) удивительно похож на южно-африканский Бушвелд. Перечислив ряд подобных примеров-аналогов для минерагении платформ Севера и Юга, С.Е. Колотухина, тем не менее, признала, что «хотя обилие и разнообразие плутонизма, особенно гранитоидного, типично для протоплатформенной стадии развития континентальной коры ... *эти процессы были особенно характерны для протоплатформ южного полушария*, которые также отличались значительно большей проницаемостью. Это способствовало более сильному раздроблению протоплатформ южного полушария, для которых также мало характерно унаследованное развитие» [23, с. 76]. С.Е. Колотухина [23, рис. 2, с. 12] представила и свою альтернативную представлениям Н.А. Штрейса схему редкометалльных провинций Гондваны, образованной объединенными южными материками.

Тем не менее, принцип биполярности подтверждается не только распределением проявлений гранитизации раннего неогена, но и гораздо более поздними важными минерагеническими событиями. Так, алмазоносные и потенциально алмазоносные раннегерцинские («среднепалеозойские») кимберлиты оказываются исключительной особенностью платформ Евразии — Восточно-Европейской, Сибирской, Китайской и практически не известны в Северной Америке и на континентах Гондваны (рис. 1). В Евразии они являются активно эксплуатируемыми объектами, из которых добывается основная масса полезного компонента. Известны 19 площадей (районов, кимберлитовых полей), в пределах которых уже выявлены продуктивные верхнедевонские диатремы. Однако ими дело не ограничивается. Ожидается открытие среднепалеозойских месторождений алмазоносных кимберлитов в новых районах прогнозируемой Юго-Западной субпровинции Европейской России, на Ангарском кратоне Красноярского края. В пределах последнего многочисленны находки алмаза и его генетических спутников в каменноугольных отложениях, связываемые с верхнедевонскими кимберлитами [16]. До недавнего времени мы не знали проявлений алмазоносных магматитов среднего палеозоя на Гондванских

*Сравнительный историко-минерагенический анализ древних платформ. синхронность и биполярность
(на примерах распространения кимберлитов и карбонатитов)*

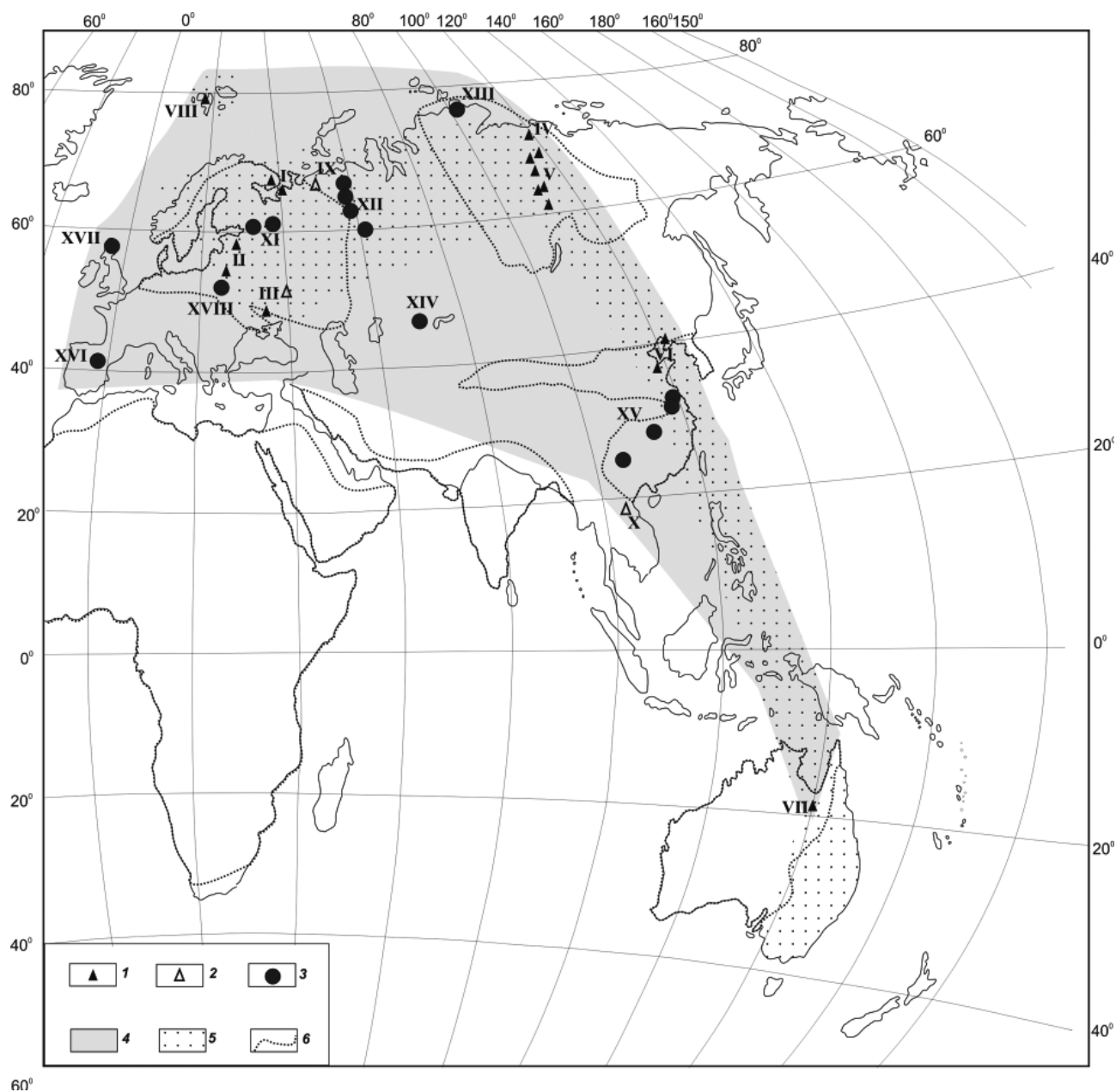


Рис. 1. Пример биполярности — Великая позднедевонская-раннекаменноугольная эпоха мощного корообразования и мантийного диапиризма. Скопления бокситов и кимберлитовый магматизм D_3-C_1 на континентах Земли концентрируются только в пределах выделенной полосы. С использованием [15, 19, 20, 50]. 1 — кимберлиты, в т.ч.: I — Терского и Зимнего берегов Белого моря (D_3), II — Лужского и Жлобинского районов (D_3), III — Приазовья и Азовского массива (D_3), IV — Анабарского щита (трубка Сербьян и др., D_3), V — Виллойской субпровинции (D_3), VI — пров. Леонин (трубка Бинхай и др.), Шандунь (трубка Шенгли и др), все D-C, VII — поле Мерлин (трубка Эскалимбур и др., D_3), VIII — кимберлитовиды Земли Андре и Земли Джеймса I, Шпицберген (C_1); 2 — проявления россыпных алмазов и их спутников в девонских толщах, в т.ч.: IX —Ичень-Ю, Ишковская (D_2), X — Гуанси-Чжунанского автономного района ((D); 3 — месторождения бокситов, в т.ч.: XI — Северо-Онежского, Тихвинского, Прионежского районов (C_1), XII — Северного Тимана, Северного Урала, XIII — Восточного Таймыра (C_1), XIV — Южно-Тяньшаньского пояса протяженностью 1,5 тыс км ($D^?C$), XV — Восточного Китая, (Цзыбо, C_1), XVI — пров. Леон, Испания (D_2), XVII — Эршайр, Шотландия (C_1), XVIII — Нова Руда, Польша (C_1); 4 — полоса распространения проявлений Великой позднедевонская-раннекаменноугольной эпохи мощного корообразования и мантийного диапиризма; 5 — полоса распространений мантийных магматитов D_3-C_1 (в пределах платформ — кимберлитов); 6 — границы платформ раннегерцинской эпохи (в пределах Полосы).

платформах, однако, недавно оно появилось [50, с. 66, 484, 488, 497, 501]. На Северных Территориях Австралии открыто позднедевонское поле **Мерлин** из 12 диатрем, в т.ч. трех алмазоносных. Возраст местной диатремы **Экскалибур** — 367 млн лет, аналогичен кимберлитам Зимнего берега и Мирнинского поля.

Таким образом, биполярность существует, при этом она не обязательно маркирует раздел Север-Юг, но в различные этапы геологической истории обособляет, разделяет или даже противопоставляет по минерагеническим особенностям друг другу древние платформы или их группы. Причины этому видятся в контрастности глубинных энергетических процессов, проявлении крупных региональных глубинных неоднородностей. Явления, описываемые принципом биполярности, при всем влиянии на прогноз месторождений полезных ископаемых, уступают по масштабам общепланетарным, определяющим содержание основных этапов развития Земли. Для того же рифея, времени повсеместного расцвета авлакогенеза, таким содержанием оказывается повсеместное, на всех континентах как Севера так и Юга, формирование протолитов будущих кимберлитовых и лампроитовых тел, соединение в недрах планеты мантийного и корового вещества, только и способное дать кимберлитовые расплавы. Существует значительное количество работ по оценке возраста кимберлитовых источников с использованием изотопных систем [2, 18, 37 и др.]. А.И. Зайцев [18] провел такую оценку для кимберлитов Якутской алмазодносной провинции с использованием модельного возраста $T_{Nd}(DM)$, характеризующего *время отделения источника — кимберлитов от деплетированного мантийного резервуара*. По его данным, все модельные возрасты полей ЯАП, даже далеко отстоящие друг от друга, укладываются в четыре группы (в млн лет): 470-540; 600-700; 800-900; 1000-1100, при этом *возраст 600-700 млн лет доминирует*. Как видим, абсолютно преобладают различные интервалы позднего и терминального рифея. По расчетам модельного возраста $T_{Nd}(DM)$ рифейскими оказываются протолиты кимберлитов ЮАР (вторая группа кимберлитов, 980-1050 млн лет), Архангельской провинции (первый тип кимберлитов 790-810 млн лет, второй тип 1120-1330 млн лет), лампроиты северо-запада Австралии (900-1300 млн лет), кимберлиты провинций Шаньдун и Ляонин, КНР (1144+88 млн лет), восточной Финляндии (1036+35 млн лет), востока США (533+58 млн лет, 767+5 млн лет), поля Венеция в

поясе Лимпопо на границе ЮАР и Зимбабве (931+72 млн лет). Этот же исследователь обнаружил, что корневая часть верхнемантийных источников кимберлитов Якутии была дифференцирована 1,4-1,1 млрд лет назад.

Глубинные породы карбонатиты и кимберлиты — благодатный материал для историко-минерагенических исследований, так как, во-первых, распространены на всех древних платформах, являясь их типоморфными образованиями, а во-вторых, охарактеризованы обширными сравнимыми данными, в т.ч. радиоизотопными. Высокоалмазоносные кимберлиты обнаруживают на площадях с аномально большой мощностью земной коры (40-50 км) и следовательно низким положением астиносферного слоя и раздела М. Слабо- и неалмазоносные кимберлиты встречаются и при меньших мощностях коры — 35-40 км. Во всех случаях тепловой поток в таких областях невелик — 20-35 мВт/км² [50, с. 55]. Карбонатиты, типичные образования древних платформ, обнаруживают в зонах глубинных разломов, пересекающих консолидированные блоки. 70% их массивов выявлено на континентах Североамериканском, Африканском и в Восточной Сибири. Обычно они локализованы в пределах гребневидных выступов поверхности М, где мощность коры снижена до 25-35 км, тепловой поток более 40-50 мВт/км². Как и кимберлиты, они не бывают особенно древними — самые ранние появились в раннем протерозое, но *основные вспышки карбонатитообразования повсеместно относятся к рифею и отдельным интервалам мезозоя и кайнозоя*.

По условиям локализации, тела карбонатитов и кимберлитов всегда оказывались пространственно разделенными. Массивы карбонатитов занимали приосевые части авлакогенов, где кровля мантии приближена к дневной поверхности, диатремы кимберлитов — их склоны с наиболее погруженной поверхностью М. Полагают, что ранние карбонатиты могли формироваться из расплавов, в то время как поздние возникали и в результате гидротермальной активности [50, с. 12, 13, 55].

ПУЛЬСАЦИОННОСТЬ В ВОЗНИКНОВЕНИИ ТЕЛ АЛМАЗОНОСНЫХ МАГМАТИТОВ. КРАТОНИЗАЦИЯ И АВЛАКОГЕНЕЗ КАК УСЛОВИЯ ИХ СТАНОВЛЕНИЯ

Кимберлиты и лампроиты интересно использовать в исследовании пульсационных изменений

глубинных энергетических состояний Земли, происходящих, по большому счету, в рамках тех же минералогических этапов. Впрочем, при этом следует осознавать, что геологическая история названных петротипов и собственно алмаза во многом разнятся. Алмаз возник в мантии на глубинах не менее 120—150 км в результате твердотельного процесса при литостатических давлениях более 40 кбар и температурах 1000-1300 °С. На глубинах, где давление превышает 600-700 кбар, существует более плотная модификация элемента — металлический углерод. Эти параметры характеризуют область устойчивости минерала, геосферу его существования. Полагают, в начале истории нашей планеты весь ее углерод мог осуществиться в виде высокобарических разновидностей и в дальнейшем, в связи с изменением Р-Т условий, речь шла лишь об обратной трансформации, формировании скоплений графита. В самом деле алмаз древнейший минерал планеты или его формирование на соответствующей глубинах происходит по сей день?

Использование Sm/Nd изотопной системы для включений низкохромовых гранатов перидотитового парагенезиса (Р-тип) из кимберлитов меловых (95-94 млн лет) диатрем Финш поля Постмасбург и Кимберли Южной Африки дали модельный возраст 3,3 млрд лет (ранний архей), интерпретируемый как время образования алмаза. Другие, более обогащенные кальцием гранаты перидотитовой ассоциации из кимберлитов рифейской трубки Премьер, ЮАР, при анализе построенных для них изохронных диаграмм (Sm/Nd изотопная система) указали на дату около 2 млрд лет (ранний протерозой). Возможно, здесь имело место омоложение, связанное со становлением гипербазитов Бушвельдского комплекса, имеющего именно этот возраст. Включения эклогитового парагенезиса (Е-тип) указывают на различный, варьирующий от кимберлита к кимберлиту одной трубки, одного поля возраст алмазов, но — преимущественно протерозойский. G. Pearson [72, 73] отметил сложности, связанные вообще с Nd/Sm изотопией включений в алмазах. Низкие содержания Nd в большинстве таких включений требуют отбора для аналитических исследований сотен их зерен, в единообразии происхождения которых трудно убедиться. Sm/Nd даты плохо коррелируются с результатами использования Rb/Sr изотопной системы перидотитовых гранатов. Детальные же исследования зональности гранатов перидотитовых ассоциаций, наблюдаемые во многих зернах (Sm/Nd система), не позволяют

говорить о возрасте алмазов, превышающих 3 млрд лет или более. Однако три сульфидных включения Р-типа из трубки Удачная Якутской алмазоносной провинции (ЯАП) подтвердили Re-Os модельный возраст алмазов — 3,1-3,5 млрд лет (ранний архей). Правда, четвертое зерно отсюда оказалось открытой системой, что лишний раз подтвердило необходимость индивидуального и комплексного подхода к подбору образцов для радиологических исследований.

Алмазы кимберлитов ЮАР (включения-сульфиды Е-типа) дают Re-Os модельные даты от 1,1 до 2,8 млрд лет, показывая огромные отличия в возрасте кристаллов полезного компонента даже в одной и той же диатреме. Упомянем также и Re-Os определения возраста для сульфидных включений аллювиальных алмазов Восточной Австралии: 2,4-3,4 млрд лет. G. Pearson [72, 73] полагает, что подобный разброс в данном случае отражает некую последовательность геологических событий различных интервалов в начальных фазах раннего протерозоя и почти всего архея.

Даты около 3,0-3,5 млрд лет назад, скорее всего, определяют нижний возрастной предел для зерен минерала, *сохранившихся ныне* на глубинах верхней мантии. Более древние алмазы катархея тоже возникали, но в условиях чрезвычайно переменчивых, преимущественно высоких, температур и давлений переходили тогда же в иные модификация и соединения углерода. Поступлению их на поверхность Земли даже в архее мешали преобладание пластичных дислокации и слишком высокие температуры плавления потенциальных транспортеров — коматиитов («криптогенный интервал истории алмаза»). Появление зерен минерала на поверхности Земли произошло в раннем протерозое, с которого начался «экстрагенный интервал» истории минерала.

Формирование наиболее удаленных от поверхности Земли расплавов кимберлитов и лампроитов происходило на глубине около 200 км. При средней мощности земной коры на платформах около 40 км, предполагается, что путь самых глубинных магм в мантии составлял около 150 км [34, с. 85, 86]. Однако, как водится, действительность оказывается значительно сложнее и интересней. Алмазы, добываемые в районе Сан-Луиса в штате Мату-Гросу, Бразилия, содержат необычные включения (феррипериклаз- (Mg,Fe) O, вюстит, стишовит (SiO₂), пироп-альмандин; встречен сросток пироп-альмандина со стишовитом и перовскитом), отличаются очень низким содержанием азота,

имеют $\delta^{13}\text{C}$ около 5‰. Для включения перовскита $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Ce})\text{x}(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Fe})\text{O}_3$ отмечена положительная корреляция между никелем и отношением $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}$. Эти признаки позволили А.Д. Харькиву и др. [54, с. 220] показать, что включения образовались в нижней мантии на глубине 670 км. Между тем вопрос о глубинности образования алмазов далеко не только теоретический. Сверхглубинные алмазы сопровождаются совсем иными генетическими спутниками. К коренным источникам такого полезного компонента не выйти традиционными “пироповыми тропами”, блестяще апробированными на Сибирской платформе и Канадском щите. F.V. Kaminsky et al. [68] показали это на примере площади Жуина (Juina) того же Мату-Гросу. Интересно, что подобные алмазы внешне неотличимы от прочих, обычных для бразильских россыпей, для которых характерно резкое доминирование округлых додекаэдрических кристаллов. Однако прочие особенности, касающиеся включений, действительно уникальны и свидетельствуют о сверхвысоких давлениях среды формирования. Их список в деталях отличен от вышеприведенного. Так установлено, что ферропериклаз (преобладает) находится совместно с ильменитом, Cr-Ti шпинелью, фазой, отвечающей по составу основных элементов оливину, SiO_2 . Включения Ca-Si-перовскита в алмазах соседствуют со сфеном, самородным никелем и “оливином”. Mg-Si-перовскит встречается совместно с тетрагональной альмандин-пироповой фазой (ТАРР). Маджоритовый гранат обнаружен тоже (один случай). Он ассоциирует с Ca-Ti-перовскитом, марганцевым ильменитом, неидентифицированной Si-Mg фазой. Такие традиционные для верхнемантийных глубин включения Cr-пиропов или Mg-хромитов отсутствуют. Включения шпинели содержат немного хрома и магния, но много титана ($\text{Cr}_2\text{O}_3 < 36,5$ вес. % и $\text{Ti O}_2 > 10$ вес. %). В большинстве включений ильменита низкие содержания Mg O, а в некоторых — высокие содержания Mn O (до 11,5 вес. %). Редкие включения “оливина”, встречаемые с ферропериклазом, имеют пониженное содержание магнезии, но повышенные — Ca, Cr, Zn, что их отличает от обычных оливинов из алмазов. Полагают, что “оливины” являются продуктом преобразования минерала со структурой шпинели $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_4$. Приведенный F.V. Kaminsky et al. список добавляет к известному парагенезису сверхглубинных (глубина образования 670 км) минералов, ассоциирующих с алмазом, ильменит и низкохромовую, высокотитановую шпинель.

Подобные наблюдения имеют важные последствия для направления поисковых работ, особенно в тех многочисленных регионах, где алмазы в россыпях присутствуют, но назвать коренные источники не удастся даже предположительно. Между тем исследователям стоит обратить там внимание на такие минералы-индикаторы сверхглубинных алмазов как: 1- низкомагнезиальные оливины; 2- низкомагнезиальные высокомарганцевые ильмениты; 3- низкохромовые шпинели.

F.V. Kaminsky et al. [68] предложили пересмотреть при прогнозе нижнемантийных источников традиционный взгляд на высокохромовый, низкотитановый хромит как на единственный шпинелид, ассоциирующий с алмазом, который может служить критерием алмазоносности кимберлитов.

Из важнейших проблем алмазной геологии раннего докембрия выделим три, тесно связанные друг с другом:

1- определение *самого раннего временного интервала, когда на поверхности Земли впервые появились мантийные алмазы*;

2- установление *петрографических типов коренных источников-транспортёров алмазов, обнаруживаемых в нижнепротерозойских россыпях, их сходства и отличия от хорошо известных фанерозойских*;

3- каков *нынешний облик древнейших источников*, по прошествии многих этапов диастрофизма, имели ли они шанс сохраниться до наших дней, в каких тектонических объектах их искать.

Итак, отвечая на **первый вопрос** о возрасте, *наиболее древнем из возможных для алмазоносных магматитов на земной поверхности* (не путать с возрастом самих алмазов!), укажем на рубеж архея и раннего протерозоя, 2,5 млрд лет назад. Опорным (но не единственным) фактом для подобного суждения является распределение алмазов в формации Витваттерсранд. Ее отложения мощностью до 7 км имеют пограничный возраст между археем и протерозоем (2,7-2,3 млрд лет), содержат конгломераты и в нижней (верхнеархейской) и в верхней (нижнепротерозойской) “системах”, но алмазы обнаруживаются только в верхней (нижнепротерозойской) системе. Поскольку условия седиментации и транспортировки рыхлого материала в здешнем протоавлакогене (судя по сходству петрографических разностей пород) были примерно одинаковы и в позднем архее и в раннем протерозое, появление алмазов именно в верхней (нижнепротерозойской) системе можно интерпретиро-

*Сравнительный историко-минерогенетический анализ древних платформ. синхронность и биполярность
(на примерах распространения кимберлитов и карбонатитов)*

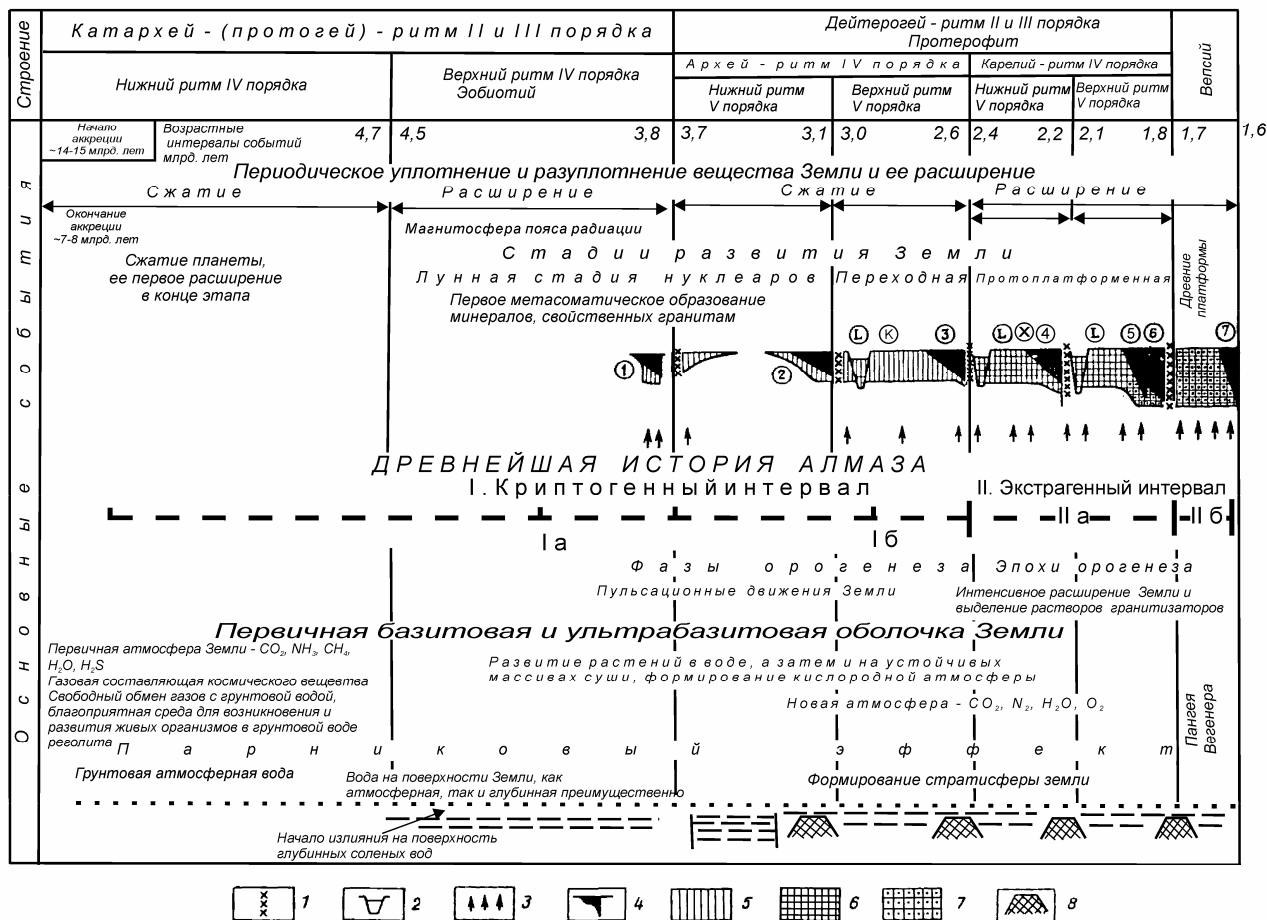


Рис. 2. Геологические события в катархее, дейтерогее (архей + протерозой) и процессы алмазообразования. Использована схема С.В. Тихомирова [48, с. 326, 327], с добавлениями. 1 — первичные палеограниты, фаза Амитсок, первое появление серых гнейсов; 2 — первые калиевые граниты Алданского щита; 3 — гранитоиды фазы Кеноран, максимальное распространение серых гнейсов; 4 — эбурнейская фаза, селецкие гранитоиды Карелии; 5–6 — свекофенские гранитоиды; 7 — посторогенные граниты Вепсия. События (цифры и буквы на рисунке в кружках): 1 — внедрение гранитной магмы; 2 — грабены, рифты; 3 — флюиды-гранитизаторы; 4 — фазы максимальной мобильности земной коры и мантии; 5 — наибольшее опускание земной коры в начале архея, время Панталассы; 6 — чехол начального развития платформы; 7 — эпиплатформенный чехол; 8 — чехол древних платформ; 9 — устойчивые массивы суши с развитой на них корой выветривания; L — базиты и ультрабазиты рифтовых зон; К — коматииты. Древнейшая история алмаза (нижний график): I — криптогенный интервал (алмаз только в глубинах), в т.ч. в метастабильном состоянии, с тенденцией перехода его углерода в ультравысокбарическую металлическую модификацию (Ia); в стабильном состоянии (Iб); II — экстрагенный интервал — периодическое поступление алмаза на дневную поверхность, в т.ч. только с коматиитовыми носителями (IIa); с кимберлитами и лампроитами (IIб).

вать определенным образом. В позднем архее погружение днища протоавлакогена еще не привело к образованию глубинных разрывов, достигших алмазоносной мантии (рис. 2).

Здесь уместно теперь перечислить немногие вполне достоверные данные о находках алмазов в коренных дорифейских породах.

Юг Африки. В.А. Милашев [34, с. 9, табл. 1] упоминает погребенные кимберлитовые дайки Кимберли, датированные по Rb/Sr соотношению:

1910+60 млн лет. Если эти данные верны, то мы имеем здесь дело с древнейшими из установленных проявлений кимберлитового магматизма Мира. Геологические материалы позволяют подтвердить только постархейский-допозднепермский возраст этих образований.

Карелия. Одно из древнейших на Земле кимберлитовых тел обнаружено в районе Кемозера, в самом центре Заонежского полуострова (75 км к СЗ от Петрозаводска). Возраст внедрения —

1764+125 млн лет (Sm/Nd). По данным В.В. Ушкова [49, с. 582, 583], Кемозерское тело алмазоносных кимберлитов приурочено к осевой части пластовой интрузии габбро-диабазов, залегающих в нижнепротерозойской толще чередования шунгитизированных сланцев и потоков метадиабазов. Занимая площадь — 2000×800 м, видимая мощность — 50-70 м. Тело это, полагают, скорее всего, силлоподобно.

Из 18 проб, по 60 кг каждая, извлечены 97 кристаллов алмаза размерностью до 2 мм. Еще 14 алмазов встречены при опробовании аллювия и морены.

Восточный Казахстан (Кумдыколь, Барчинское месторождения). Алмазоносность Кокчетавского массива известна с конца 1940-х г.г., когда А. А. Заячковским был найден в элювии эклогита кристалл алмаза [40]. Она стала исследоваться детальнее с середины 1960-х г.г. Высокие концентрации мелких алмазов (менее 100 мкм) наблюдаются в стратифицированной толще нижнего протерозоя — гранат-биотитовых гнейсах, кварцевых метасоматитах, карбонатных гранат-пироксеновых породах, эклогитах зерендинской серии в центральной части Зерендинского гранит-гнейсового купола.

В.С. Шацкий и др. [58] показали на основе исследований морфологии и реальной структуры алмазов Кумдыколя, что они не имеют принципиальных отличий от кимберлитовых по морфологическим типам, механизмам роста, плотности дислокаций и концентрациям примеси азота. Преобладающим типом здесь являются кубоиды, часто с выраженным при большом увеличении волокнистым строением. Вершины кубоидов при туплены гранями октаэдра, а плоскостью срастания в агрегатах всегда является грань кубоида. На участке Барчинский в цоизитовых гнейсах преобладающий морфотип — октаэдры, среди которых встречены остросеребряные индивиды, октаэдры с элементами антискелетного роста.

С юго-запада рудный район ограничен Красномайским глубинным разломом. Многие авторы относят месторождение к коровому типу, образовавшемуся в результате мощного проявления процессов динамометаморфизма [4, с. 215]. Однако высказывается и весьма аргументированное мнение, что в случае Кумдыколя мы имеем дело с древнейшими интрузиями алмазоносных эклогитов, гранатовых клинопироксенитов (вероятно, основных поставщиков полезного компонента), пироповых перидотитов, реликтовые будины которых и ныне обнаруживают в разрезах [40, с. 24,

25]. Ничтожные нынешние размеры выделений алмаза результат последующих коровых процессов — мигматизации, метаморфизма, диафореза, приводящих к графитизации и истиранию зерен минерала. Тем не менее, консервация алмаза и его индикаторных минералов (коэсит, калийсодержащий клинопироксен) в останках эклогитов и клинопироксенитов оказалась достаточной для их сохранности, не смотря на мощное воздействие метаморфических процессов в интервале 1800-500 млн лет назад.

Восточно-Казахстанский и некоторые другие примеры позволили Н.Н. Перцеву и др. [40] выделить среди геосинклинальных формаций, интродуцированных гипербазитами, “особый тип, сопряженный с разломами, уходящими в глубины алмазоносной мантии”.

Академик В.В. Ревердатто и др. [43] показали, что протолиты зерендинской серии (вероятнее всего, базальтовые силлы и дайки) образовались близ земной поверхности и имеют континентальное происхождение. Находящиеся в единой ассоциации перидотиты, эклогиты и амфиболиты объединены общим происхождением. Гранатовые перидотиты, содержащие титан-клиногумит, могли быть образованы из серпентинсодержащих ультрамафитов. В ходе среднекембрийской субдукции тела этих базитов-ультрабазитов были погружены на большую глубину, где метаморфизовались при давлениях не более 18 кбар (восток Кокчетавского массива) и 60-70 кбар (его запад). В позднем кембрии эти породы, расщепленные на тектонические пластины, оказались эксгумированными, вынесенными к земной поверхности.

Собственно алмазы, показал Е.И. Воробьев в рамках своей экссолюционной гипотезы [7,8], зародились и росли в субстрате главного породообразующего минерала — граната, содержание которого составляет 5-15%. Локальный отжиг твердого раствора гранат + углерод происходил под термическим воздействием, особенно на внешнем фронте инъекционной мигматизации, где возникали ураганные содержания минерала, а его размерность возрастала до 400 мкм. Таким образом, гранат признается алмазогенерирующим минералом.

Алданский щит. Присутствие даже единичных зерен алмаза в высокометаморфизованных породах раннего докембрия имеет принципиальное значение, позволяя лучше понять с какими первичными породами он был связан. Вот почему большой интерес представляет обнаружение в докембрий-

ских образованиях борно-магнетитового месторождения Таежное (между пос. Чульман и г. Алдан) Алданского щита уплощенного октаэдра алмаза (размер около 150 мкм). Обнаружен он был [40, с. 25-27] в десилицированном включении доломита с борной минерализацией. Как и в случае с Кумдыколем, авторы находки предполагают, что первоначально порода была перидотитом. Ныне в ее разрезах наблюдается сложная смесь тектонического происхождения — метасоматиты с кварцем и карбонатом содержат будины высокобарического вещества. При метаморфизме алмаз был предохранен от разрушения кристаллом кальцита. Содействовало его консервации и то обстоятельство, что температурное воздействие на минерал при метасоматозе не превышало 550°С (судя по пониженному содержанию в кальците магнезии). За пределами месторождения выходы перидотитов известны, но в его контуре (и в исследованном обломке метасоматита с алмазом) эти породы нацело ассимилированы. Ст и Ni, типичные для ультрабазитов, перешли в другие природные соединения, и только минералы Ti сохранились в ореоле разрушения.

На Алданском щите известны и такие потенциально алмазоносные породы как нижнепротерозойские лампроиты. И.Л. Махоткин [25, с. 46-107] подвел итоги более чем 30-летним исследованиям высококалийных, высокомагнезиальных пород Алданского щита, выделив в его пределах одноименную лампроитовую провинцию. Последняя по времени проявления лампроитового магматизма разделена им на субпровинции: Чаро-Алданскую раннепротерозойскую и Лено-Алданскую позднемезозойскую.

Чаро-Алданская раннепротерозойская субпровинция занимает небольшую часть бассейна р. Хани в ее верховьях, на юго-западе щита. Возраст ее лампроитов определен К-Аг способом по флогопиту, — 1818-1870 млн лет. Тела прорывают флогопитовые пироксениты примерно с теми же датами (1850-1870 млн лет, К-Аг), из чего делается предположение о том, что и лампроиты, и пироксениты входят в единый калиевый щелочно-ультраосновной комплекс.

“Достоверно не выявленный эруптивный мантийный магматизм” раннего протерозоя на Центральном Алдане, отмечает И.Л. Махоткин [25, с. 52], предполагается по присутствию зерен пиропов, высокохромистых хромшпинелидов, хромдиопсидов, мелких ксенолитов эклогитоподобных пород в песчаниках венда в районе р. Джеконда.

Канадский щит. N.D. MacRae et al. [71] сообщили об обнаружении алмазоносной дайки лампрофиров в районе озера Gibson, Северо-Западные территории Канады, датированной ранним протерозоем (1832±28 млн лет). В лампрофирах отмечено очень высокое содержание микроалмазов размерностью менее 75 мкм. На тысячу таких кристаллов октаэдрического, тетраэдрического, кубического габитуса приходится 2 макроалмаза размерностью более 0,5 мм. Встречены также оливины-форстериты, хромистые пиропы лерцолитового типа, высокохромистые высокомагнезиальные шпинелиды. Имеется указание на обнаружение в районе **Вава**, юго-запад пров. Онтарио, Канада, проявлений архейских алмазоносных лампрофиров. В этом же районе, кстати, известны и рифейские, предположительно, дайковые тела с датой 1097±7 млн лет, Rb-Sr [50, с. 316].

Юго-восточная Австралия (Новый Южный Уэльс). В этом регионе добыча алмазов из современного аллювия и неогенового промежуточного коллектора началась раньше чем на юге Африки, в 1851 г. В трех районах (северный — верхняя часть р. Гвидир, центральный — верховья р. Мак-Руари и южный) алмазы обычно представлены бортом [46], хорошие октаэдры нечасты, встречаются тетраэдры. Найдены карбонады (два образца), не встречающиеся в трубках фанерозоя. Зерна алмаза бесцветные, а также бурые, желтые, зеленые. Среди минералов, сопровождающих алмаз — платина, осмистый иридий, корунд и его разновидности, ильменит, гранаты и др. В литературе указывалось на связь россыпей с гипербазитами местного серпентинитового пояса [46, с. 105], однако до сих пор никаких достоверных источников промышленных россыпных алмазов не известно.

Новые прецизионные методы, возможно, приблизили к решению проблемы коренных пород алмаза Нового Южного Уэльса, хотя бы в теоретическом плане. D.C. Pearson et al. [72, 73], провели исследование Re/Os соотношения для включений сульфидов их аллювиальных алмазов. Было выявлено, что одни алмазы (группы А) происходят из архейских кимберлит/лампроитов кратона, расположенного западней точки пробоботбора), вторые (группа В) — из коровых перидотитов ЮВ Австралии протерозойского возраста. Учитывая высокую степень метаморфизма пород раннего докембрия Нового Южного Уэльса, можно предположить, что первичные алмазоносные магматиты полностью потеряли свой первичный облик (например, по Кумдыкольскому или Алданскому

вариантам) и, тем не менее, существенно сохранили алмазный потенциал: в современном аллювии встречены вымытые из этих источников кристаллы массой до 6 карат (район Гвидир и Копс, по [46, с. 102]).

В метаморфическом комплексе *хребта Дабашань (Китай, северо-запад “платформы Янцзы”)* и в соседних районах в породах, первично являвшихся эклогитами, встречены ассоциации алмаза с цоизитом. Последний образуется только в условиях низкой и средней степеней метаморфизма и при высокой степени превращается в плагиоклаз. Таким образом, и здесь налицо проблема сочетания высокобарического алмаза с минералогической ассоциацией совершенно иных Р-Т условий, что служит основанием для генетических сопоставлений Кумдыколя и названных регионов Китая [40, с. 27; 480].

Из многочисленных сообщений об обнаружении кристаллов алмаза в древних толщах прочих регионов Мира отметим также обнаружение [70] микроалмазов в гранулитах северо-запада Западного гнейсового региона *Норвегии* (остров Фьертфот).

Микроалмазы встречены в фельзитовых гнейсах основания каледонид, претерпевших с ними мощный метаморфизм в интервале 450-400 млн лет назад. Собственно местная “алмазная пыль”, как ее именуют [70], содержат очень редкую разновидность 1b-1aA (компонента 1b >50%) с высоким содержанием азота. Цитируемые авторы предполагают, что такие свойства норвежских микроалмазов предполагают их образование в определенных тектонических обстановках (глубокое погружение в результате субдукции, кратковременное нахождение в мантии, быструю эксгумацию). Однако названные особенности никак не противоречат их генезису близкому алмазам Кумдыколя Восточного Казахстана. Вероятную связь последних с интрузиями алмазоносных клинопироксенитов и эклогитов, по Н.Н. Перцову и др. [40], мы выше уже рассмотрели. Тем более, что на острове Фьертфот в комплексе алмазоносных гранулитов установлены многочисленные линзы эклогитов и гранатовых перидотитов.

Ответ на **второй вопрос** — о типах *транспортов алмаза* раннего докембрия, — переплетается с выдвигаемой ранее [19, с. 210-221] компрессионно-декомпрессионной гипотезой. Эта гипотеза связывает формирование кимберлитовых и лампроитовых расплавов с поступлением минера-

лизованных, со всем комплексом “некогерентных” элементов, вод по глубинным разломам авлакогенов на уровне стабильного существования алмаза (120 км и более). Практическая невозможность такого поступления в архее (преобладание в протокоре пластических деформаций) исключала формирование типичных кимберлитов и лампроитов. Единственным возможным транспортером оказывались высокотемпературные коматиитовые выплавки. Вероятно, в раннем архее их эффузиям было сложно доносить полезный компонент до поверхности: в этом ультрамагнезиальном, чрезвычайно тугоплавком веществе алмаз, скорее всего, выгорал. В раннем протерозое менее магнезиальные (и менее тугоплавкие) коматииты такой шанс имели, о чем свидетельствуют высокоалмазоносные коматииты PR₁ Французской Гвианы [62].

Время кимберлитов и лампроитов настало только в конце раннего протерозоя (1,85-1,65 млрд лет назад), когда остывшая кора сделала хрупкие деформации в тектоносфере доминирующим явлением. Этот предрифейский временной интервал, используя в несколько расширительном смысле терминологию Е.Е. Милановского, можно считать временем Великой “предрифтовой подготовки” перед поздним протерозоем-рифеем, расцветом авлакогенеза и кимберлитообразования.

Третий вопрос — о *сохранности и облике древнейших магматитов*, — наиболее сложен, но ставить его необходимо: идя традиционными путями в поисках кимберлитовых и лампроитовых источников алмазов Урала, Тимана, Калимантана, Восточной Австралии, исторической Голконды мы, похоже, сами загоняем себя в тупик. Лишь признаком отчаяния можно признать публикации, в которых утверждается полное и бесследное разрушение материнских алмазоносных пород этих регионов (при богатстве россыпей!). Продолжительность и безуспешность поисков, выводы “не нашли — значит, не существует”, скорее, свидетельство теоретической скованности. Может быть, в опробование стоит включать больший круг пород. Кстати, высокоалмазоносные нижнепротерозойские коматииты *Dachine* из зеленокаменного пояса *Inini* Французской Гайаны, как утверждали R. Cardevila et al. [62], — породы, выглядящие и ныне в отдельных блоках хорошо сохранившимися.

Рифей оказался не только временем протоитов, неременного условия для возникновения кимберлитовых расплавов, но — уникальным

*Сравнительный историко-минерогенический анализ древних платформ. синхронность и биполярность
(на примерах распространения кимберлитов и карбонатитов)*

временным интервалом, когда эти расплавы стали достигать дневной поверхности на всех древних платформах Земли. На фоне такого единообразия, всеобщности планетарного уровня очевидные и реально существующие проявления «билатераль-

ности» выглядят второстепенными. И это при том, что позднее, в минерогенические этапы фанерозоя, они вновь оказываются заметными в распределении кимберлитовых тел по платформам Земли (табл.1).

Таблица 1

*Проявления кимберлитов и лампроитов продуктивных эпох алмазоносного магматизма и мощного корообразования на древних платформах, с примерами алмазоносных полей, диатрем, даек.
С использованием [6, 24, 50, 55 и др.]. Серым выделены провинции с промышленной алмазоносностью*

Эпохи алмазон. магматизма	Вост.-Европейская	Сибирская	Китайская	Индостанская	Северо-Американская	Южно-Американская	Африканская	Австралийская	Антарктическая
PR ₁	1764 + 125 млн лет, Костомукша (силл, с алмазами)				1832+28 млн лет, оз. Gibson, дайки лампрофиров, с алмазами		1910+60, Кимберли, дайки		
R	1100, 593 млн лет, Каави-Куоппио	1264+12 млн лет, Инга-шинское (Окинское). Жилы, с алмазами	755 млн лет, Ляонин	940, 1067+31 млн лет, Панна и др., с алмазами	600, 513 млн лет, Корнейшн Галф, пров. Слэйв, с алмазами	730 млн лет, Гуаньямо. Силлы, с алмазами	1400-1200 млн лет, Претория др, с алмазами	1155-1058 млн лет, Аргайл, с алмазами	?
PZ ₁	434 млн лет, Каави-Куоппио (трубка №1)	445+4 млн лет, Накынское, с алмазами, и др.	446, 493 млн лет, «платформа Янцзы»		448-445 млн лет, Drybones Bay, пров. Слэйв и др., с алмазами		550 млн лет, Венеция, с алмазами		
D ₂ -C ₁	355 млн лет, трубка Ломоносова, с алмазами и др.	324, 360-380 млн лет, Мирнинское, с алмазами и др	300-400 млн лет, Ляонин, с алмазами					367 млн лет, Экскалибур, поле Мерлин, с алмазами	

T-J ₁		156+10, 234+21 млн лет. Дьянга, Куойкс-кое, с алмазами и др.	J-K (Яньшаньские), пров. Хунань		172 млн лет, Джерико-1, пров. Слейв, с алмазами		147 млн лет, Наутгедахт, ЮАР, дайка, с алмазами		
K		122, 134 млн лет (K-Ar), 135 млн лет (треки урана), Беенчиче-Куойкс-кое	K ₁ , гипер-базиты Андо, Цюсун, Тибет. С алмазами		90 млн лет, трубка 140/141, Форт а ля Корн, с алмазами; 105 млн лет, Ренар-3, с алмазами и т.д.	K ₂ , Трес Ранчос IV (трубка), пров. Альто Парана-иба, с алмазами	95 млн лет, Кимберли (трубка), с алмазами и др.		130 млн лет, дайки УЩК, горы Принс-Чарльс. С алмазами.
P-N ₁					52 млн лет. Лесли, Слейв, с алмазами, и др.		52 млн лет, Нзега, Танзания, с алмазами	22-20 млн лет, Эллендейл. С алмазами	

В этой таблице по горизонтали размещены данные об алмазности платформ сначала северного полушария, затем — южного. Это позволяет увидеть как всеобщие черты распределения кимберлитов, так и те, что обусловлены «биполярностью». Если сравнить минерагенические этапы неогей (рифей-кайнозой) вне связей с продуктивностью, то убедимся: тела кимберлитов и лампроитов обильно формировались во все минерагенические этапы на платформах обоих полушарий Земли. В этом отразился планетарный характер «эпох мощного корообразования и кимберлитового магматизма». Однако если принимать во внимание и продуктивность появившихся тел кимберлитов и лампроитов, то увидим: *в рифее* крупнейшие скопления драгоценного минерала формировались *на гондванских платформах*, в раннем палеозое маятник двинулся в сторону платформ Севера («биполярность»). В ЯАП на этом этапе возникли высокоалмазные тела Накынского поля, промышленно алмазными оказались кембрийские (**Кеннеди Лейк**, 539 млн лет) и ордовикские (**5034-Центральная**, 473 млн лет) диатремы юга субпровинции Слейв Канады. В среднем палеозое *высокоалмазный* кимбер-

литовый магматизм стал *исключительной привилегией* северных кратонов. С триаса маятник снова возвращается к рифейскому положению, платформам Юга. Эти особенности развития глубинной энергетической (тектонифизической) ситуации в мантии, кажется, повышает вероятность открытия промышленных *меловых* кимберлитов Индостана. Вспомним, коренные источники исторических алмазов Голконды там не установлены, а неоткрытые пока меловые алмазные кимберлиты россыпей штата Андхра Прадеш в качестве таковых активно прогнозируются.

Исследование тектонических условий алмазного магматизма предоставляет, помимо прочего, редкую возможность принять участие с новыми и интересными аргументами в традиционной для отечественной геологии дискуссии: синхронны или асинхронны в геологической истории Земли ее крупнейшие события — обстановки растяжения и сжатия, трансгрессии и регрессии, гранитообразование и т.д. В самом деле, в случае алмазных магматитов речь идет о веществе несомненно *глубинном*, близком по составу во *все* времена (если говорить о кимберлитах и лампроитах), распространенном на *всех* континентах. К

тому же, активно и повсеместно исследуемому с применением современного *и примерно сопоставимого* комплекса методов. При том, что проблема синхронизации становления алмазоносных тел, конечно, существует (см., например [24]), сложность ее по названным причинам трудно сравнивать с препятствиями, которые встают перед специалистами, занятыми, например, корреляцией эпизодов развития крупнейших трансгрессий, поскольку возможности детальной стратиграфии, основанной на палеонтологическом материале разных континентов, все еще невелики.

Прийти к ответу на вопрос, находятся ли эпохи рифтогенеза в противофазе с эпохами усиления интенсивности и деформаций сжатия (так допускал Е.Е. Милановский) или же они одновременны (В.Е. Хаин, А.Н. Балуховский) возможно, если опереться в межконтинентальных корреляциях на стратиграфические и радиологические данные, датирующие события на уровнях слоя (этапа VII порядка, по С.В. Тихомирову [48], привязка событий с точностью в первые сотни тысяч лет). Эту мысль формулировал А.П. Карпинский [22], выразивший еще в конце XIX века надежду о скором времени, “когда местные дислокации будут связаны с универсальными и через посредство последних между собою; ... господствующие в науке искусственные геохронологические группировки уступят место естественным”. Спустя более века приходится констатировать, мы еще далеки от достижения этой цели. Применительно к геологии алмаза отметим продолжающуюся дискуссию о самом существовании эпох кимберлитового магматизма, периодичности в становлении тел алмазоносных магматитов. Известно мнение А.Л. Яншина (1999 г., письменное сообщение) о том, что “корообразование и кимберлитовый магматизм были в геологической истории Земли непрерывными”.

Последовательно, этап за этапом, рассмотрев с точки зрения нашей проблемы историю глубинного магматизма Земли, можно увидеть: масштабы коренной алмазоносности от этапа к этапу резко, пульсационно, скачкообразно, менялись. Явно выделяются временные интервалы, когда формировалось особенно много диатрем кимберлитов и лампроитов, и те, которые в этом смысле практически “пусты”. Первые и считаются эпохами коренной алмазоносности. Они охватывали некоторые интервалы рифея, тяготели к салаирскому, таконскому рубежам раннего палеозоя и длились весь поздний девон — ранний карбон, поздний

триас — лейас, ранний мел, дат, поздний палеоцен-эоцен, ранний миоцен. Все двадцать с небольшим кимберлитовых и лампроитовых тел, эксплуатировавшихся когда-либо в истории человечества, принадлежат этим эпохам. Практически непродуктивными оказались прочие интервалы рифея, венд, ранний девон, средний — поздний карбон, пермь, середина мелового периода, средний миоцен — плиоцен, квартал. Немногие сформировавшиеся в непродуктивные эпохи магматиты оказались не алмазоносными или алмазоносными в столь ничтожной степени, что не смогли занять какого-либо места в мировой истории эксплуатации коренных месторождений, начавшейся в 1871 г. разработкой кимберлитов позднемеловой (86 млн лет) диатремы Ягерсфонтейн в одноименном поле.

То, что Земля в докембрии и фанерозое энергетически и структурно менялась мы видим по масштабам магматизма, составу магматических продуктов. Алмазоносный же магматизм, как уже обсуждалось выше, эволюционировал тоже — иным становился комплекс транспортеров алмаза из мантии к дневной поверхности. В раннем протерозое большая доля в выносе полезного компонента явно принадлежала коматиитам. В карелии же в связи с заметным развитием протоавлакогенеза и, как полагают авторы, началом поступления корового вещества (КВ) на алмазоносные глубины, к ним добавились кимберлиты и лампроиты. *Принципиальное отличие коматиитового транспортера от кимберлитового* было в том, что первый оказывался связанным только с обстановками растяжения в пределах литосферы и собственно *мантийными процессами*, обходясь без нисходящих потоков корового вещества, необходимого условия для образования кимберлитовых и лампроитовых расплавов.

В позднем протерозое (рифее) новые глубинные энергетические обстоятельства привели к прекращению выбросов коматиитовых магм на поверхность. Одновременно эти же обстоятельства, вызвавшие массовое развитие авлакогенов нового типа, стимулировали становление мантийных диапиров — протолитов на всех платформах Земли, образование кимберлитовых выплавов, прорыв их на поверхность. Такими обстоятельствами стали *чрезвычайно длительные медленные (а из-за особой длительности процесса все-таки многочисленные) пульсации*, частные смены обстановок дилатансии и сжатия, со всеобщим преобладанием первых. Подобная тектоническая ситуация продолжалась весь колоссальный по дли-

тельности рифейский эон (более 1 млрд лет). Именно этой длительности, поразительному единообразию тектонического процесса рифея — подобного не было ни в ранней, ни в более поздней истории Земли, — авторы придают особое значение. Она способствовала поступлению на алмазоносные глубины коровых элементов с морскими и грунтовыми, первично метеорными водами, без которых не могли сформироваться кимберлитовые расплавы, и последующей поставке их порций к земной поверхности.

В 1966 г., как известно, вышла статья T.N. Clifford [63], в которой при рассмотрении тектоно-металлогенического районирования Африки отмечалась приуроченность алмазоносных кимберлитов к древним ядрам, кратонизация для которых завершилась 1,5-2,0 млрд лет назад и ранее. В разделяющих же кратоны подвижных поясах кимберлиты неалмазоносны. Несколько позднее J.B. Dawson [65 и др.], внес заметные коррективы в “правило T.N. Clifford” [63]. Он предположил, что все кимберлиты приурочены к зонам тектонической активизации, безотносительно к тому, пересекают они кратоны или подвижные пояса, но алмазоносными диатремы могут быть только в пределах архейских кратонов. Это было принципиальное дополнение “правила”, принятое далеко не всеми, так как связало алмазоносный магматизм с линейными разрывными структурами, пусть и весьма глубокого и давнего заложения.

Дискуссии о применимости правила при выборе поисковых площадей был посвящен семинар “Зависимость алмазоносности кимберлитов от их структурного положения” (Ленинград, 26-31 марта 1990 г.). Там прозвучала аргументация известных российских специалистов М.В. Михайлова и Ю.Д. Смирнова о нецелесообразности применения правила в России, где имеются свои подходы к решению структурных задач алмазной геологии (анализ линеаментов и кольцевых структур и т.д.). Но главное — неразработанность методов переноса понятия «кратон» в южно-африканском его варианте на иные платформы [45, с. 8-12; 47, с. 3-8]. В самом деле, кратоны Южной Африки Каапваальский (Калахари), Зимбабвийский (Родезийский), Танзанийский — законсервированные архейские блоки, разделенные нижнепротерозойскими поясами. В Канаде же и США «кратоном» называют, например, блок Сьюперитор (Озера Верхнего) — протерозойский пояс, завершивший развитие 2,5 млрд лет назад. Для Бразилии «крато-

ны» — области фундамента, избежавшие бразильской активизации всего 500+200 млн лет назад. Даже известный кратон Йилгарн Западной Австралии оказывается на поверку состоящим из архейских ядер-кратонов Лавертон и Мурчисон-Сазерн Кросс и подвижных поясов Западной гнейсовой области и Норсмен-Вилуна.

С критикой подхода J.B. Dawson [64, 65] и мнением о необходимости вернуться к первоначальным рекомендациям “правила” выступили, например, А.Ф. Сафронов и др. [44]. Не согласен был с переоценкой роли глубинных тектонических разломов в формировании кимберлитовых тел В.А. Милашов [33]. Позднее, после того как пришло лучшее понимание структурной позиции коренных месторождений алмаза Западной Австралии, А.Л.А. Janse et P.A. Sheahan [67] указали на неприменимость “правила Клиффорда” к лампроитам. Эти авторы различали по возрасту кратонизации структуры платформ: “архоны” (древнее 2,5 млрд лет), “протоны” (2,5-1,6 млрд лет), “тектоны” (моложе 1,5 млрд лет). Первые признавались перспективными на все типы алмазоносных магматитов, включая классические кимберлиты, вторые — только на лампроиты, третьи таких магматитов содержать не могли.

Долгое время “правило Клиффорда” не оказывало заметного влияния на теоретические работы и поиски коренных источников алмазов. Это и отметил С.И. Митюхин [36], указавший на то, что за десятилетия не было ни одного положительного примера его практического использования. Однако по мере того как геологической общественности становились известными материалы, касающиеся вновь открытой субпровинции Слейв, становилось понятно, что подобный пример все же существует. Обнаружилось, что на Северо-Западных территориях Канады подавляющее большинство из ее 140 тел обоих кимберлитовых полей находятся в пределах площадей развития пород катархея — алдания (3,5 млрд лет и древнее, гнейсы Акаста 4020 млн лет) и архея — киватиния (2,7-3,5 млрд лет), слагающих кратон Слейв (близкие синонимы — “провинция Йеллоунайф”, Большого Невольничьего озера). Кимберлитовых тел и даек в иной структурной позиции в субпровинции не установлено. Таким образом, этот пример даже ужесточил требования к возрасту окончательной кратонизации, так как в своей статье T.N. Clifford говорил как о перспективных уже о раннепротерозойских и более древних кратонах.

Применение в поисковой практике наблюдений Т.Н. Клиффорда, верность которых признается практически единодушно — из естественного человеческого желания опираться в суждениях на твердые истины, — не всегда было успешной. История поисков алмазоносных магматитов в Западной Австралии тому поучительный пример. Там задолго до начала активной фазы поисков были хорошо известны три архейских кратона, разделенные подвижными поясами, — Йилгарн, Пилбара, Кимберли. При этом кратон Кимберли, в отличие от первых двух, выглядел наименее перспективным с точки зрения коренной алмазности. Он был перекрыт толщей образований нижнего протерозоя мощностью до 5 км, разрез которых повсеместно начинали пластовые интрузии (до 1,8 км), кверху сменявшиеся толеитовыми базальтами. Возраст толщ, лежавших на архейских породах, оценивался в интервале 1830-1750 млн лет. Обычно нижнепротерозойские образования слабо дислоцированы, но в периферических частях, близ подвижных зон, наблюдалась хорошо выраженная складчатость.

Крупнейший блок Йилгарн (1 млн км²) представлял, согласно “правилу”, наибольший поисковый интерес. В самом деле, там наблюдались [12]: 1 — отдельные площади развития гнейсов возрастом до 3350 млрд лет, широко представлены гнейсы с датами около 2 млрд лет; 2- коматииты (до 3,290 млрд лет), фельзиты (около 3 млрд лет); 3 — щелочные граниты (2,5 млрд лет); 4- дайки основного состава (2,4 млрд лет). В дальнейшем никаких заметных геологических событий не происходило. Все это выдвинуло кратон на первый план для поиска коренных месторождений алмаза и послужило теоретической основой для деятельности компании Tanganyika Holding Ltd. (в дальнейшем, Tanks), приступившей в 1971 г. к поискам в Западной Австралии. Однако, компания быстро изменила поисковую стратегию после обнаружения минералов-индикаторов только в пределах выглядевшего сравнительно менее привлекательным блока Кимберли. Было принято, оказавшееся в последующем единственно верным, стратегическое решение о смещении опробования на сотни километров к северу, далеко за пределы древнейших кратонов. Основанием послужили знаки микроалмазов (они вывели к трубке Аргайл) и зерен хромита самых тонких фракций (способствовавших открытию алмазоносных диатрем поля Эллендейл). Сделано это было во времена, когда геологи еще не знали высокоалмазоносных ламп-

роитов, весьма бедных индикаторными минералами. Традиционное шлихоминералогическое опоскование оказалось в данном случае предпочтительнее общетеоретических представлений.

Приняв на себя административные функции, Tanks уже в следующем 1972 году организовала с четырьмя прочими геологическими организациями компанию Kalumburu Joint Venture (в последствие Ashton Joint Venture), которой и суждено было открыть главные месторождения алмаза Западной Австралии — Argyle (AK-1) и Ellendale. И здесь можно увидеть, что они располагаются вообще вне кратонов, в подвижных поясах Холлс-Крик (Аргайл, провинция Восточный Кимберли) и Кинг Леопольд (Эллендэйл, провинция Западный Кимберли).

Подвижный пояс, или зона, Холлс-Крик, вмещающий трубку Аргайл, имеет длину 400 км при ширине около 60 км. Геологическая история его и соседнего малоподвижного кратона Кимберли весьма различна. Перечислим лишь некоторые основные события, которые пояс пережил в раннем протерозое и фанерозое: 1- формирование метаморфитов, интрузий долеритов, ультрамафитов, гранитов комплекса ранний Ламбу (1920 млн лет); 2- внедрение вулканитов Уайтуотер, гранитов Боу-Хиллс (1815, 1834 млн лет соответственно); 3 — серию трансгрессий и регрессий, в связи с поднятиями и опусканиями узкой полосы между Холлс-Крик и соседними параллельными разломами (по существу, авлакогенный режим). Возраст осадков, отложение которые контролировала зона, — 891-1158 млн лет. И в последующем, в течение всего палеозоя, его разломы активно влияли на осадочный процесс.

Зона Холлс-Крик — прекрасный пример линейной тектонической структуры давнего заложения (существовала и в архее), длительного развития, она отвечает всем признакам системы глубинных разломов, или линеамента, в понимании В.Е. Хаина [52, с. 334]: отражена в условиях осадконакопления, складчатости, рельефе, вулканизме. В рифее, 1048-1053 млн лет назад, она контролировала распределение алмазоносных магматитов.

Подвижный пояс Кинг Леопольд очень схож с поясом Холлс-Крик по геологическим и тектономагматическим признакам. Их площади, вмещающие коренные месторождения и проявления полезного компонента, соединяются вместе и ограничивают блок Кимберли, самый активизированный из трех кратонов Западной Австралии и поэтому наименее благоприятный с позиции “прави-

ла”. Поисковики занялись теоретически не самыми благоприятными районами по результатам опробования, присутствию индикаторных минералов в шлихах. В конце концов, лишь “молотком” поверяются достижения геологического “ума”, и у первого в данном случае оказался приоритет.

Справедливости ради стоит отметить, что некоторые известные специалисты и в примере с Аргайл усматривают не поражение, а победу правила Клиффорда. Ю.А. Дукардт и Е.И. Борис [14, с. 80, 81] предположили, что граниты комплекса Ламбу, локализованные близ диатремы Аргайл, вовсе не интрузивные породы нижнего протерозоя, как полагают австралийские геологи, а “архейские образования центрального горста протоавлакогена Холлс-Крик, лишь омоложенные повторным метаморфизмом 2000-1800 млн лет назад”. Рифейская инверсия протоавлакогена в его «зоне динамического влияния» явилась причиной лампроитового магматизма у его границ. При этом только выходы на дневную поверхность оказались в пределах авлакогена, корни же, убеждены цитируемые авторы, “безусловно находятся за его пределами, в коре архейского ортократона”. К сожалению, в аргументации интересной гипотезы слишком много допущений — убедительно пересмотреть традиционные взгляды на генетическую принадлежность гранитоидов комплекса Ламбу и т.д. сложно без собственного полевого и аналитического материала.

В.И. Ваганов в своем обзоре [5, с. 20-32] также говорит, в т.ч. и с учетом данных по Западной Австралии, о необходимости модернизации верного “в глобальном масштабе”, по его мнению, “правила Клиффорда”. “Правило”, он считает, начинает отказывать при укрупнении масштаба прогноза из-за трудностей в определении возраста кратонизации, а также потому, что “алмазоносность и промышленная значимость кимберлитов и лампроитов в слабо перспективных протонах (кратонизация 2500-1600 млн лет назад) оказывается вполне сопоставимой с таковыми в пределах архонов (кратонизация древнее 2500 млн лет)”. Отметив, что исключений из него не меньше чем “правильных” месторождений, В.И. Ваганов вслед за С.И. Митюхиным [36] полагает, что “правило Клиффорда” требует геологического наполнения: не *время* протекания процессов, а их *содержание* определяет закономерности распределения, в т.ч. алмазоносных магматитов на платформах. А.Ж.А. Janse и Р.А. Sheahan [67], как уже выше отмечалось, полагают “правило Клиффорда” верным только для кимбер-

литов (они встречаются вместе с прочими алмазоносными магматитами в архонах) и — неприменимым к лампроитам (встречаются на протонах, где кимберлитов нет). Тем самым, интересными для поисков становятся районы, где подобные работы если и велись, то в ничтожных объемах: Сирия, Саудовская Аравия, Южная Испания, Эстония, Тибет, Монголия, Чукотка, российская часть Китайско-Корейской платформы. Не алмазоносными и неперспективными указаны тектоны с возрастом кратонизации 1800-800 млн лет.

Здесь самое время еще раз напомнить, что “правило Клиффорда” рассматривали даже как “иную независимую идеологию”, альтернативу традиционному для России шлихоминералогическому методу [44, с. 4]. Известна попытка J.V. Dawson [65] применить его для ЯАП, которой воспрепятствовали трудности корреляции между разрезами докембрия ЮАР и Якутии. Даже в самом модернизированном варианте “правило” рекомендует скептически относиться к поискам коренных месторождений алмазов в таких проблематичных регионах-протонах как Урал, Тиман, Калимантан, Новый Южный Уэллс и др. И в этой связи нет сомнений, что благодаря интуиции и здравому смыслу практиков, поисковиков и предпринимателей, поиски там продолжатся.

ПРАВИЛО КЛИФФОРДА И ПОПЫТКА ОБРАТНОГО ПРОГНОЗА

Так как абсолютное большинство специалистов «правило Клиффорда», хотя и с оговорками, признает, то, возможно, будет положительно воспринят и антитетиз: «присутствие алмазоносных кимберлитов и лампроитов (вариант — только кимберлитов) является свидетельством того, что, во всяком случае, до этапа становления этих тел включительно, в данном регионе существовал платформенный режим, а кратонизация завершилась 1,5-2,0 млрд лет назад и ранее». Такой антитетиз, будь он признан корректным, мог бы учитываться как важный аргумент в дискуссиях о крупных областях континентов, где поздняя активизация уничтожила или исказила геологические свидетельства того, на коре континентального или океанического типов возникали их ранние структуры. Это могло бы быть независимым вкладом историко-минерагенического подхода к решению проблем геотектоники Центральной и Восточной Азии, Северо- и Южно-Американского континента, Восточной Австралии, Калимантана и др. Например, существуют большие сложности в определении

западных, северных и южных границ гигантской Китайской платформы, которая в раннем докембрии составляла единое целое с платформой Сибирской [53], а может быть, и Восточно-Европейской. По сейсмическим данным, даже Северный Устюрт (один из «квадрантов» Туранской плиты) с его глубоко погруженным докембрийским фундаментом представляет собой обломок Восточно-Европейской платформы, названный в своё время А.П. Карпинским и А.Д. Архангельским «подземным Устюртским горстом» [53, с. 6, 211].

Ныне сложно увидеть черты такого былого единства, реконструкция черт которого имела бы, однако, заметное минерагеническое значение. Совсем не платформенный облик свойственен, например, «зоне глыбовых структур Хэндуаньшань» на западе юго-восточной провинции Китая Юньнань, где известны абсолютные отметки современного рельефа до 4 тысяч метров (!). Но и здесь исследователи обнаруживают [38., с. 71] типичные платформенные мощности и состав палеозойских осадочных отложений, приразломную сундучную складчатость, характерную для платформ, платформенного типа базит-гипербазитовые интрузии со скоплениями медных руд. Возможно, о ранней платформенной истории Тибета напоминают нижнемеловые алмазоносные ультрабазиты пояса Дундзяо-Лхобса, выявленные близ сутурной линии, разделившей центральную часть северной окраины Тибетского плато и Индийскую платформу. Напомним, что в массиве **Андо**, занимающем площадь около 60 км², обнаружены более 36 кристаллов полезного компонента размерностью 0,1-0,34 мм. В подобном массиве **Цюсун** (70 км²) найдены 2 кристалла. Алмазы сопровождают пиропы, муассанит, платина [35, с. 204]. Известны слабоалмазоносные среднекаменноугольные (303 млн лет) кимберлиты и в пределах Таримского массива. На северо-западе поднятия **Бачу** в этом районе Синьцзяна обнаружены выходы кимберлитов Вацзилитаг, пять небольших (100-1500 м²) диатрем и 32 дайки. Они ассоциируют с прочими базит-ультрабазитами и содержат алмазы, пиропы, муассанит [35].

Вспомним теперь и не разрешенную дискуссию о том, эпиплатформенным или эпигеосинклинальным образованием является Казахстанско-Тяньшаньская область. Часть исследователей, преимущественно среднеазиатские геологи, придерживались первой точки зрения, вторую защищали Н.А. Штрейс, Г.И. Макарычев, А.И. Суворов, М.И. Муратов [53, с. 299]. Дискуссия всё больше

шла вокруг происхождения мелких блоков метаморфитов, в которых первые видели образования *раннего докембрия, возникшие на континентальной коре*, другие — вещественные признаки *риффейской океанической коры*.

С позиций исторической минерагении эпиконтинентальная гипотеза, конечно, предпочтительней, потому что находится в соответствии с минерагеническими материалами, не связанными с фрагментами фундамента. Дело в том, что в Чаткало-Кураминских горах, Западном Таласе и хребте Каржантау [25, с. 114-160] давно уже известны тела лампроитов, локализованные в единой глубинной Лашкерек-Пскемской (Дайбабинской) зоне нарушений. В частности, в юго-западных отрогах Чаткальских гор обнаружена уникальная *алмазоносная* диатрема лампроитов Кошмансай. Так как она рассекает нижнекаменноугольные известняки и, в свою очередь, рассечена кислыми и основными дайками С_{2,3}, верхний предел ее возраста определяют верхами среднего карбона. Алмазосодержащие образцы черных брекчий Кошмансай отличаются повышенными концентрациями самородных металлов и карбидов (железисто-кобальтистой меди, кобальта, когенита, карбида вольфрама). Её алмазы представлены обломками серых прозрачных кристаллов, до 0,8-0,9 мм. По классификации Ю.Л. Орлова, они принадлежат плоскогранным октаэдрам I разновидности, реже псевдоромбододекаэдрам той же разновидности. Их изотопный состав — * ¹³C — 6,2‰. По полупроводниковым свойствам относятся к редкому и особо ценному для электронной промышленности типу 11б (безазотные разности) [25, с. 141]. Эти-то породы, вне зависимости от времени внедрения, не могли возникнуть без *платформенного рифейского протолита, в условиях мощной континентальной коры*. Таков историко-минерагенический аргумент в пользу воззрений местных специалистов, который может быть детально развернут.

В 350 км к юго-западу от алмазоносных лампроитов Кошмансай Ф.К. Диваевым [13] описаны дайки и трубки взрыва алмазоносных карбонатитов и карбонатно-силикатных пород Чагатайского карбонатит-трахитового комплекса хребта Южно-го Нуратау Северного Тянь-Шаня (рис. 3). Две диатремы площадью 8-х70 м и 150х2000 м и дайки протяженностью 20-1000 м при мощности 0,5-5,0 м, сопровождаемые тремя дайками трахитов, а также дайками силурийских диабазов, триасовых камптонитов, прорывают силурийские песчаники, алевролиты, сланцы.

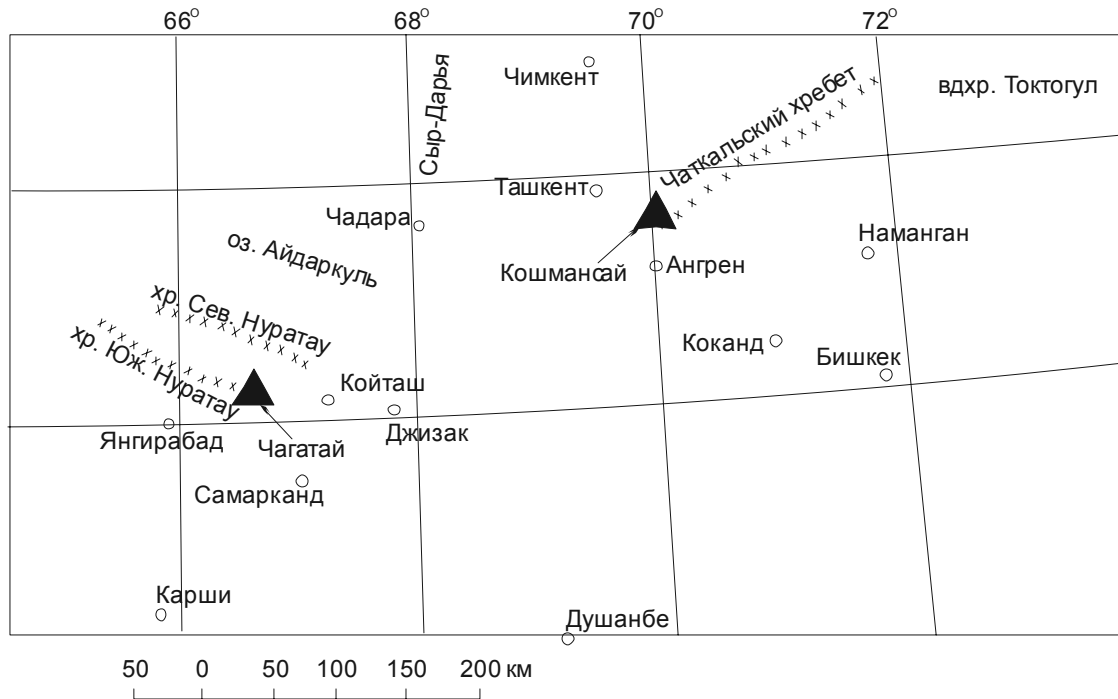


Рис. 3. Северный Тянь-Шань, сектор Узбекистана. Черными треугольниками указано положение позднекаменноугольной алмазоносной диатремы лампроитов Кошмансай в Чаткальском хребте, алмазоносных диатрем и даек Чагатайского карбонатит-трахитового комплекса на северных склонах хребта Южного Нуратау. С использованием [13; 25; 50, рис. 5.4.1, с. 187].

Альбитизированные и анкеритизированные карбонатиты образуют отдельные дайки и наблюдаются в цементирующей массе диатрем. Практически чистые кальциты в существенно карбонатных породах представлены агрегатами таблитчатых кристаллов, что обычно свойственно карбонатитовым дайкам. К карбонатсодержащим ультраосновным лампрофирам (сходным с айликитами, альнёитами, польцинитами) причислены мелилит-пироксен-кальцитовые, биотит-пироксен-кальцитовые, биотит-гранат-кальцитовые разности. Часть биотит-кальцитовых и пироксен-гранат-кальцитовых магматитов отнесена к карбонатитам, остальные рассматриваются в качестве пород, переходных между карбонатитами и лампрофирами.

Зерна алмаза размерностью от 50 до 200 мкм распространены в породах всех типов Чагатайского карбонат-трахитового комплекса, кроме мономинеральных кальцитовых и мелилит-пироксен-кальцитовых; больше всего их в самых меланократовых взрывчатых брекчиях.

Интересное обсуждение генезиса Чагатайских алмазов была развернуто А.А. Фроловым с соавторами [50, с. 186-198], выполнившими ряд анализов образцов, предоставленных Ф.К. Диваевым. Среди избранных важных наблюдений: 1 — мономинеральные кальцитовые карбонатиты Чагатая

по содержаниям главных компонентов близки к классическим редкометалльным карбонатитам [2005, с. 188], хотя прочие разности специфичны и отличаются от классических карбонатитов и «кимберлитовых карбонатитов»; 2 — содержания хрома ниже или сопоставимо с содержаниями в классических редкометалльных карбонатитах. По содержанию Ni, Co, отношению Ni/Co карбонатиты северного Тянь-Шаня близки к редкометалльным карбонатитам [50, с. 194]; 3 — о резко восстановительных условиях кристаллизации минералов карбонатитов свидетельствуют, как и в случае Кошмансай, присутствие самородных Au, Ag, Cu, Pb, графита.

А.В. Фролов с соавторами [50, с. 196] не согласились с тем, что алмазы Чагатая имеют мантийное происхождение — их не сопровождают высокобарические минералы-спутники, высокая железистость, слишком низкие содержания никеля и хрома вмещающих пород не позволяют их считать продуктом начального плавления алмазоносного расплава. Они предположили, что алмазы возникли в силикатно-карбонатной среде при избыточных давлениях. Первичным веществом карбонатитов были породы основания коры, проработанные восстановительными флюидами, происходящими, в т.ч. и из верхов мантии. «В генетическом плане рассматри-

ваемые алмазоносные образования в известной степени могут быть сопоставлены с алмазоносными метаморфитами Кокчетавской глыбы, формирование которой связывается с высокими степенями тектонометаморфизма и длительной миграции восстановленных мантийных флюидов в глубинных тектонических зонах» [50, с. 198]. Впрочем, подобное мнение о генезисе алмазов Кумдыколя, защищаемое Ф.А. Летниковым с соавторами [28, 29 и др.], поддержано не всеми специалистами. В.С. Шацкий и др. [58] показали на основе исследований морфологии и реальной структуры алмазов Кумдыколя, что *они не имеют принципиальных отличий от кимберлитовых* по морфологическим типам, механизмам роста, плотности дислокаций и концентрациям примеси азота. Преобладающим типом здесь являются кубоиды, часто с выраженным при большом увеличении волокнистым строением. Вершины кубоидов притуплены гранями октаэдра, а плоскостью срастания в агрегатах всегда является грань кубоида. На участке Барчинский в цоизитовых гнейсах преобладающий морфотип — октаэдры, среди которых встречены остросереберные индивиды, октаэдры с элементами антискелетного роста. Да, многие авторы относят Кумдыколь к коровому типу, образовавшемуся в результате мощного проявления процессов динамометаморфизма [4, с. 215]. Собственно алмазы, объяснял Е.И. Воробьев в рамках своей эксклюзионной гипотезы [7, 8], зародились и росли в субстрате главного породообразующего минерала — граната, содержание которого составляет 5-15%. Локальный отжиг твердого раствора гранат + углерод происходил под термическим воздействием, особенно на внешнем фронте инъекционной мигматизации, где возникали ураганные содержания минерала, а его размерность *возрастала до 400 мкм*. Таким образом, гранат признается алмазогенерирующим минералом. Однако высказывается и весьма аргументированное мнение, что в случае Кумдыколя мы имеем дело с древнейшими *интрузиями алмазоносных эклогитов, гранатовых клинопироксенитов* (вероятно, основных поставщиков полезного компонента), пироповых перидотитов, реликтовые будины которых и ныне обнаруживают в разрезах [40, с. 24, 25]. Ничтожные нынешние размеры выделений алмаза результат последующих коровых процессов — мигматизации, метаморфизма, диафореза, приводящих к графитизации и истиранию зерен минерала. Тем не менее, консервация алмаза и его индикаторных минералов (коэсит, калийсодержащий клинопироксен) в останцах эклогитов и клинопироксенитов оказалась достаточной

для их сохранности, несмотря на мощное воздействие метаморфических процессов в интервале 1800-500 млн лет назад.

В рамках историко-минерагенического подхода генетические проблемы карбонатитов Чагатая *нельзя рассматривать в отрыве от прочих проявлений* кимберлитов, лампроитов, алмазоносных метаморфитов всей гигантской горной страны, находящейся между северными отрогами Устюрта и Гималаями. Глубинные алмазоносные породы Тибета, Тарима, Чаткало-Кураминского хребта, Кумдыколя и, видимо, Чагатая в неогее подверглись мощным термическим и динамическим преобразованиями, изменившим их петрохимические характеристики. В каких-то случаях это вело к резкому падению продуктивности (алмаз выгорал), в других — к появлению значительных концентраций новообразованного минерала, но в целом все они напоминают о том, что, во всяком случае, до времени становления тел включительно, в данном регионе существовал платформенный режим, а кратонизация завершилась 1,5-2,0 млрд лет назад и ранее.

Процессы деструкции, до неузнаваемости изменившие в фанерозое первично платформенный облик региона Центральной Азии, сказались и на западной окраине Северо-Американской платформы — плато Колорадо из горной системы Кордильер, поднятой в мелу, почти не переработанной глыбе платформенного фундамента. И там деструкционные процессы не смогли полностью уничтожить, но только замаскировать многочисленные признаки алмазоносного кимберлитового магматизма венда (614 ± 7 млн лет, поле **Чикен Парк**) и раннего палеозоя ($408,4 \pm 2,6$ млн лет, кимберлитовый район **Айрон Маунтин** и др.), пополнив их список позднеплиоценовыми лампроитами района **Leucite Hills**. Современный орографический облик плато Колорадо, как и Северного Тянь-Шаня, далеко не платформенный, с преобладающими высотами 1800-2500 м, мощными останцовыми хребтами (гора Сан-Франциско, 3840 м), каньонами глубиной до 1,8 км. Он очень напоминает рассмотренный выше фрагмент Северного Тянь-Шаня. В самом деле, абсолютные отметки хребта Нуратау с Чагатайским карбонатит-грахитовым комплексом не превышают 2169 м у вершины Заргар, Чаткальского хребта с алмазоносной диатремой Кошмансай — 3500 м при максимуме 4503 м. Это в свое время отметил и В.Е. Хаин [51, с. 53]: «Современная складчатоглыбовая система Скалистых гор только частично

образовалась на месте одноименной геосинклинальной системы, а ее восточная часть в пределах северо-западной Канады и штатов Вайоминг (южная половина), Юта, Колорадо, Аризона и Нью-Мексико представляет собой молодой *эпиплатформенный орогенический пояс типа Тянь-Шаня*» (выделено авторами).

Платформенная геологическая история (сущность) плато Колорадо проступает сквозь молодой орогенический облик своими кимберлитовыми и лампроитовыми дайками, первым в США алмазным рудником на базе 9 диатрем куста Келсей Лейк. Только благодаря ей становится понятным, почему территория архейского кратона Вайоминг (его занимает плато Колорадо) оказывается столь насыщенной разновозрастными телами, в т.ч. промышленно алмазоносными, кимберлитов и лампроитов. В канадском секторе Скалистых горах, за пределами плато Колорадо, обнаружен и другой индикатор платформенного режима прошлого — редкометалльные карбонатиты массивов: рифейского **Верати**, раннедевонского (390 млн лет) **Айс Ривер**, позднепалеоценового (58 млн лет) **Рокки Бой** и др.

Значение находок лампроитов и карбонатитов в Тянь-Шане и Колорадо велико и требует к себе еще большего внимания. Работая с их веществом, специалисты ищут подходы, пока только дальние, к Проблеме коренных источников алмаза орогенных и вообще переработанных процессами активизации тектонических структур, обломков древних платформ, которых в мире предостаточно (юго-восточная Австралия, Калимантан, Тибет, Тарим и др.). На то, что идти путем поисков в таких районах надо, указывают внушающие оптимизм россыпные проявления полезного компонента.

ПУЛЬСАЦИОННОСТЬ В ВОЗНИКНОВЕНИИ ТЕЛ УЛЬТРАОСНОВНЫХ ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД С КАРБОНАТИТАМИ

Самые ранние массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатитами (УЩК) появились на платформах Земли, как и алмазоносные магматиты, в связи с прогрессирующим развитием авлакогенеза. Первые хорошо диагностируемые магматиты этого типа сформировались в мезопротерозое (массивы **Маунт-Уэльд** в Западной Австралии, **Усть-Чульман** на Алданском щите, **Новополтавский** на щите Украинском, **Дубравинский** на Воронежском массиве). Они практически одновозрастны с ранними алмазоносными кома-

тиитами, но — древнее первых алмазоносных лампрофиров и кимберлитов. Открытые впервые W. Brögger [61] 85 лет назад в области Кристианния (грабен Осло, массив **Фён**), они и сейчас нечасто встречаются геологам, исследующим древние платформы. Общее количество массивов карбонатитов, обнаруженных к настоящему времени, не превышает или близко к трем сотням [50, с. 11]. Для сравнения вспомним, что, по данным Н.Н. Helmstaedt et J.J. Gurney [56, с. 461], на Земле известны 5000 кимберлитовых диатрем и даек, 500 коренных алмазоносных объектов. Как подсчитали Н.Н. Зинчук и В.И. Коптиль [54], только на Сибирской платформе в 25 полях находятся более тысячи кимберлитовых трубок, даек и жил; в 150 есть алмазы. И хотя объемы вещества, сконцентрированные в телах карбонатитов и кимберлитов, несоизмеримы (массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатитами вроде Гулинского северо-западной Якутии могут занимать до 2 тыс. км², а самая крупная диатрема кимберлитов Камафука-Камазамбо в Анголе по площади только 3,6х0,6 км) пространственные и временные соотношения тех и других интересно обсудить.

То, что мы знаем о распределении карбонатитов по эпохам и континентам в общих чертах изображено на рис. 4. Наиболее достоверными выглядят данные по платформам Восточно-Европейской, Сибирской, Северо-Американской, Африканской. Обескураживающи они — по Китайской (материалов почти нет). Платформы Индийскую, Южно-Американскую, Австралийскую приходится считать изученными недостаточно; сведения об их эпохах карбонатитообразования отрывочны.

Бросается в глаза определенная синхронность в становлении массивов УЩК Восточно-Европейской и Сибирской платформ, с их *двумя выраженными основными вспышками*, тяготеющими к рубежу мезо- и неопротерозоя (рифейю) и раннему-среднему палеозою. По этому признаку им явно противостоит платформа Северо-Американская, в пределах которой *образование массивов УЩК, скорее, выглядит непрерывным*.

Было бы странно, если бы между сходными в целом платформами Восточно-Европейской и Сибирской не существовали и важные различия. Они таковы: 1 — относительная кратковременность становления тел УЩК Восточной Европы, отвечающая в каждом случае *единственному* минарагеническому этапу (разумеется, магматических фаз оказывается несколько, но они кратков-

Сравнительный историко-минерагенический анализ древних платформ. синхронность и биполярность
(на примерах распространения кимберлитов и карбонатитов)

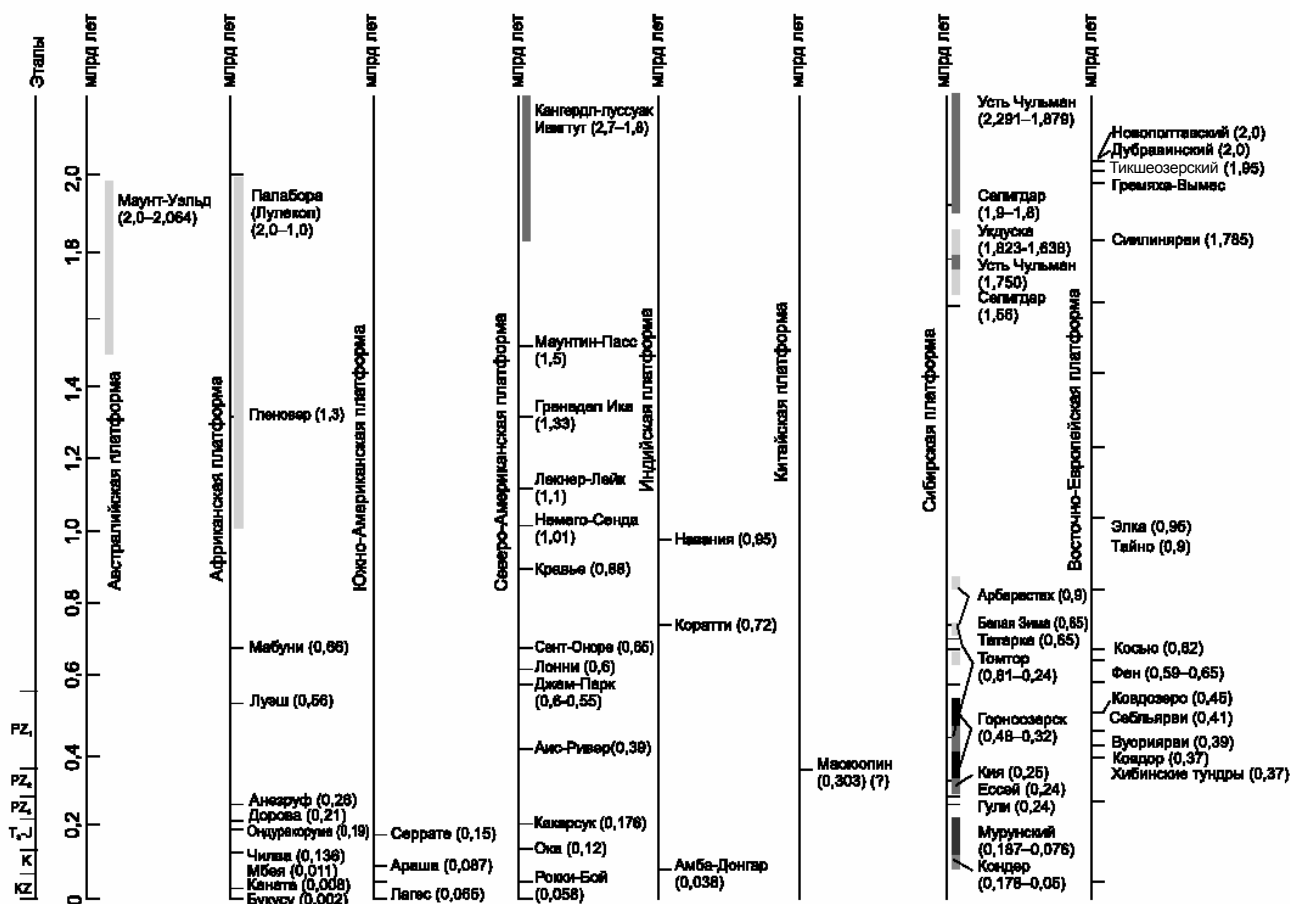


Рис. 4. Проявления карбонатитового магматизма на платформах Земли в мезопротерозое-кайнозое. С использованием [18, 50].

ременны и по длительности укладываются в несколько миллионов лет). В Восточной Сибири этот процесс обычно растянут и происходит в *несколько минерагенических этапов* и может длиться в общей сложности, с перерывами, сотни миллионов лет; 2 — раннее прекращение УЩК-магматизма в Восточной Европе, в пределах которой не известны массивы с датами моложе 358 млн лет (**Африканда**) или 350 млн лет (**Песочный**). В активизированных же южных и юго-западных районах Алданского щита становление УЩК-массивов продолжалось до конца позднего мела (**Мурунский**, 76 млн лет) или даже эоцена (Кондёр, 50 млн лет).

Интересно, что эти особенности не сильно сказались на масштабах самих массивов УЩК обеих платформ и основные гиганты Хибинские тундры (Кольский полуостров, 1327 км²) и Гулинский (Маймеча-Котуйская субпровинция северо-западной Якутии, 2000 км²) вполне соизмеримы по площади.

На Восточно-Европейской платформе становление массивов ультраосновных щелочных пород происходило в такой последовательности:

1 — мезопротерозой, блоки Ладожский, Карельский, Мурманский — массивы щелочно-габброидной формации **Гремяха-Вымес**, **Тикшеозёрский**; Украинский щит — массивы **Проскуровский** и **Новополтавский**. Сиениты и карбонатиты последнего с возрастом около 2,0 млрд лет. заняли 12 км²; Воронежский массив — **Дубравинский** комплекс ультраосновных-щелочных с карбонатитами пород мезопротерозоя, 2,0 млрд лет;

2 — неопротерозой (рифей), западное ограничение платформы на территории Польши — массивы **Тайно** (основные ультраосновные породы и карбонатиты) с возрастом 0,9 млрд лет, **Элка** (сиениты-нефелиновые сиениты и карбонатиты), 0,95 млрд лет. В Мурманском блоке рифейский возраст (1 млрд лет) указан для массива с карбонатитами **Лесная Варакка**, что требует уточнения [50, с. 448];

3 — ранний палеозой, северо-западное ограничение платформы на территории Скандинавии: массивы **Альнё**, Норвегия — карбонатиты (565 млн л, ранний кембрий). **Фён** в грабене Осло, Швеция — карбонатиты с возрастом 590-565 млн л (венд-ранний кембрий);

4 — средний палеозой, Мурманский блок. Массивы щелочных пород с карбонатитами **Африканда** (358 млн лет), **Хибинские гундры** (365-369 млн л, Rb/Sr), **Ковдор** (оливиниты и пироксениты формировались в интервале 376-373 млн л, Rb/Sr, бадделеиты из фоскоритов и карбонатитов, U-Pb — 382±3 млн лет [9, с. 136]).

Этим списком проявления щелочных пород на платформе не ограничиваются, однако более молодых проявлений карбонатитов нет. В Южном Донбассе известны тела мончикитов (щелочные лампрофиры с микролитами титан-авгита), камптонитов (плагиоклаз-амфибол-пироксеновые лампрофиры) и других лампрофиров нижнемелового миусского комплекса (160+12 млн лет), приуроченные к субмеридиональному Миусско-Деркульскому сдвигу [60].

Интересно видеть, как соотносятся пространственно и по времени проявления породы УЩК и кимберлиты, притом, что *одновременно* они на общей площади возникают нечасто (хотя **примеры тому есть**, и мы упомянем их несколькими абзацами ниже). Чаще тела карбонатитов и кимберлитов могут близко *пространственно* соседствовать друг с другом, но — относиться при этом к *разным* минерагеническим этапам. Тому пример — Приазовский блок с его **Новополтавским** массивом УЩК мезопротерозоя и **Новоласпинским** позднедевонским кустом кимберлитовых трубок. На Кольском полуострове знаменитые массивы ультраосновных пород позднего девона не очень удалены пространственно — хронологически и вовсе, может быть, синхронны, — от **Ермаковско** кимберлитового поля Терского берега. Обе слабоалмазоносные трубки последнего датированы K-Ar методом 337-384 млн лет (средний девон — ранний карбон) [21], Rb-Sr по флогопиту, мусковиту, апатиту — 407+20 млн лет (ранний девон) [21; 42, с. 121]. Появились, правда, и существенно иные радиоизотопные данные. Б.В. Гавриленко с соавторами [9] получили Rb-Sr дату для терскобережных кимберлитов — 465+12 млн лет (ордовик). А.А. Деленицын и Б.В. Гавриленко [11] сообщили о Sm-Nd возрасте кимберлитов — 461 млн лет. Важно, что *в пределах самого Терского района с его кимберлитами имеются и одно-*

возрастные карбонатиты Турьего мыса с апатитовой и редкометалльной минерализацией [41, с. 288, 289], т.е. кимберлиты и карбонатиты, «родственники-антагонисты», как их образно назвали А.А. Фролов с соавторами [50, с. 435], иногда все-таки уживаются на единой территории и значит, в любых поисковых прогнозах это стоит учитывать.

Обсуждая явление многофазности в становлении УЩК-массивов Сибирской платформы, А.А. Фролов с соавторами заметил [50, с. 346], что масштабы рудоносности возрастают от фазы к фазе и становятся максимальными в конечных магматических продуктах. По мнению этих авторов, уникальные и крупные месторождения возникают только в случаях особой длительности такого процесса, составляющей сотни миллионов лет. Пример массива Томтор Северной Якутии для иллюстрации тезиса подходит как нельзя лучше. На его площади появились: первые фойдолиты 810-700 млн лет назад, рудные лавы и туфы нижней рудной толщи и нижнего рудного горизонта (эффузивные камафориты II) — в интервале 450-390 млн лет, рудные низкотемпературные метасоматиты коры выветривания в составе верхнего рудного горизонта (пирохлор-монацит-алюмофосфатные) — <300 млн лет назад, самые поздние пикриты, пикритовые порфириты — 226 млн лет назад, калишпатовые метасоматиты по фойдалитам и нефелиновым сиенитам -240-220 млн лет назад [17, с. 128, табл. 56]. Томторский комплекс приобрел нынешний вид с основными рудоносными залежами в результате геологических процессов длительностью более 0,4 млрд лет, для рифейского по преимуществу массива Белая Зима в Восточных Саянах у г. Нижнеудинска Иркутской области (100°33' в.д., 53°04' с.ш.) хватило для этого и 175 млн лет.

Такой длительности формирования мы не знаем для кимберлитовых диатрем, возникновение которых может быть тоже многофазным. Из обнаруженных в трубке Премьер, ЮАР, восьми типов кимберлитового материала все восемь алмазоносны, но лишь три («серый», «коричневый» и «черный») принадлежат самостоятельным фазам внедрения. «Коричневые» внедрялись 1400 млн лет назад, «серые» — на рубеже 1200 млн лет [31, с. 14, 15]. Однако утверждение того, что уникальные и крупные месторождения в массивах УЩК возникают *только в случаях особой длительности* процесса, составляющей сотни миллионов лет, явно характеризуют закономерность региональ-

ную, восточно-сибирскую, но не всеобщую. На других платформах особую «длительность» при возникновении уникальных по масштабам месторождений вполне заменяют особые масштабы и качество поступившего из недр рудоносного материала даже если продуктивный этап короток. Все семь стадий формирования беспрецедентного по площади и рудоносности Хибинского массива уложились в несколько миллионов лет позднедевонской эпохи — 369-365 млн лет назад, Rb-Sr. В это, по геологическим меркам, «мгновенье» в Хибинах возникло 30% *подтвержденных мировых запасов апатитовых руд*, колоссальные скопления нефелина (используют не только для производства глинозема, но и для извлечения галлия), титанита, ванадиеносного титаномагнетита, эгирина, концентрат которого в промышленных объемах идет на теплозащитные смазки и футеровки и т.д. [41, с. 184, 198]. Лишь несколько миллионов лет продолжался процесс становления **Ковдорского** массива (Кировский район, Мурманская область) щелочно-ультраосновных пород с карбонатитами, не очень крупного по площади — 40,5 км². Его позднедевонский возраст доказан: оливиниты и пироксениты формировались в интервале 376-373 млн л (Rb/Sr), бадделлиты из фоскоритов и карбонатитов (U-Pb) — 382±3 млн л. [9, с. 136]. В это геологическое «мгновенье» успели появиться скопления апатит-форстерит-магнетитовых, форстерит-магнетитовых руд (0,54 млрд т), со средними содержаниями железа — 27,5%, фосфора — 2,9%. [1, с. 15]. Однако не только они определили минерагенический облик Ковдорского массива. С ним оказались связаны и прочие месторождения: уникальное флогопитовое (*крупнейшее в мире*), вермикулитовое (*самое большое по запасам в СНГ*), оливинитовое (сырьё для производства огнеупоров), апатит-штаффелитовое (фосфатная шляпа на апатитоносных кальцитовых карбонатитах, в связи с линейно-трещинными корами выветривания) [41, с. 142-146]. Можно взять и третий пример краткосрочного внедрения с уникальным минерагеническим эффектом — **Ловозерского** щелочного массива (луявриты, фойяиты, уртиты), каменноугольный возраст которого доказан находками ксенолитов флористически охарактеризованной ловозерской свиты D₂-C₁. Только один из участков массива — Аллуйвский, — называют природным объектом с *практически неограниченными ресурсами комплексных цирконий-редкоземельно-ниобиевых руд*, что выдвигает его в разряд крупнейших по запасам месторождений, способ-

ного удовлетворить не только российские потребности в цирконии, иттрии, ниобии, но и стать экспортером на мировом рынке. Запасы только циркония в Ловозерском массиве оценивают в несколько миллионов т [3, с. 141; 41, с. 199-210].

Все это говорит о том, как уязвимо распространение региональных закономерностей, наработанных в Восточной Сибири, на Восточно-Европейскую платформу, действительно схожую по ряду признаков с Сибирской, но — отличную во многом другом. Тем более такой подход имеет шансы оказаться неуспешным при обращении к прочим более удаленным регионам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование хорошо изученных рудных полей как эталонных объектов при решении фундаментальных задач геологии (в частности, синхронности и асинхронности тектонических процессов) представляется авторам весьма перспективным направлением. Рассмотрев примеры распределения продуктивных кимберлитов и карбонатитов разных эпох по древним платформам Земли, авторы пришли к мнению, что биполярность как явление существует. При этом она не обязательно маркирует раздел Север-Юг, но в различные этапы геологической истории обособляет, разделяет или даже противопоставляет по минерагеническим особенностям друг другу платформы или группы платформ. Причины этому видятся в контрастности глубинных энергетических процессов, проявлении крупных региональных глубинных неоднородностей. Этот модифицированный принцип биполярности стоит иметь в виду исследователям при дальних минерагенических сопоставлениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин В.В., Бойцов В.Е., Григорьев В.М.: *Семиринский Ж.В., Солодов Н.А., Старостин В.И.* Месторождения металлических полезных ископаемых. М.: Трикта. Академический проект, 2005. — 718 с.
2. Агашев А.М., Орихаши Ю., Ватанабе Т. и др. Изотопно-геохимические характеристики кимберлитов Сибирской платформы в связи с проблемой их происхождения // Геол. и геофиз., 2000, т. 41, № 1. — С. 90-99.
3. Беляев К.Д., Ганеев И.Г., Чайка В.Г., Чернов В.Д. Рудные ресурсы и их размещение по геозомам. Редкие металлы. Тантал, ниобий, скандий, редкие земли, цирконий, гафний. Справочное пособие. Под редакцией академика Д.В.Рундквиста. М.: Недр, 1996. — 176 с.
4. Бондаренко А.Т., Зинчук Н.Н. Петрофизика метаморфического комплекса коренных вмещающих алмазоносных горных пород Кокчетавского массива Казах-

стана // Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. Воронеж, ВГУ, 2001. — С. 215-237.

5. Ваганов В.И. Алмазные месторождения России и Мира. М., 2000. — 369 с.

6. Вольнец Н.П., Каминский Ф.В. Геология минерального сырья и геолого-разведочных работ. Геолого-экономическая оценка месторождений алмазов за рубежом. М.: 1986. — 55 с.

7. Воробьев Е.И. О механизме алмазообразования в Кумдыкольском месторождении Кокчетавского массива (Северный Казахстан) // ДАН, 2000, т. 371, № 3. — С. 341-343

8. Воробьев Е.И. Об экссолуционной природе алмазов в метаморфических породах Кокчетавского массива // Отеч. геология, 2001, № 2. — С. 52-68

9. Гавриленко Б.В. Ковдорский рудный район. Кейвский рудный район // Геология рудных районов Мурманской области, Апатиты, 2002. — С. 135-147, 245-258.

10. Гондвана // БСЭ, второе издание, М., Гос. научн. изд-во «БСЭ», 1952, т. 12. В 51 томе. — С. 39.

11. Деленицын А.А., Гавриленко Б.В. Rb-Sr и Sm-Nd возраст кимберлитов Терского берега // Щелочной магматизм Земли. М., Из-во ГЕОХИ, 2002. — С. 26-27.

12. Джейкс А., Луис Дж., Смит К. Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии. М.: Мир, 1989. — 430 с.

13. Диваев Ф.К. Чагатайский трахит-карбонатитовый комплекс Южного Нуратау. Автореф. дис. канд. геол.-мин. н. Ташкент, 2000. — 25 с.

14. Дукарт Ю.А., Борис Е.И. Авлакогенез и кимберлитовый магматизм. Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 2000. — 161 с.

15. Евдокимов А.Н., Бурнаева М.Ю., Сироткин А.Н. Вещественный состав и возраст кимберлитоподобных пород архипелага Шпицберген // Геология алмазов — настоящее и будущее. Воронеж. ВГУ, 2005. — С. 450-456.

16. Егоров К.Н., Меньшагин Ю.В., Секерин А.П., Кокшарев Д.А., Уцаповская З.Ф. Новые данные по минералогии осадочных коллекторов алмазов юго-западной части Сибирской платформы // ДАН, 2002. т. 382, № 4. — С. 531-534.

17. Зайцев А.И. Энтин А.Р., Ненашев Н.И., Лазебник К.А., Тянь О.А. Геохронология и изотопная геохимия карбонатитов Якутии. Якутск, ЯНЦ СО РАН, 1992. — 248 с.

18. Зайцев А.И. О возрасте протолитов кимберлитовых магм Якутии // Отечеств. геол., 2001, № 5. — С. 6-9.

19. Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырёв Л.Т. Тектоника и алмазоносный магматизм. Воронеж: Изд-во Воронежск. ун-та, 2004. — 426 с.

20. Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырёв Л.Т. Историческая минерагения. Т.1. Введение в историческую минерагению. Воронеж изд-во ВГУ, 2005. В трех томах. — 587 с.

21. Калинин М.М., Арзамасцев А.А., Поляков И.В. Кимберлиты и родственные породы Кольского полуострова // Петрология, 1993, Т. 1, № 2. — С. 205-214.

22. Карпинский А.П. Общий характер колебаний земной коры в пределах Европейской России // СПб., Тип. Росс. Императ. Акад. Наук, 1894. — 19 с.

23. Колотухина С.Е. Структурное положение редкометалльных провинций на древних платформах Южного полушария. М.: Наука, 1977. — 87 с.

24. Кривонос В.Ф. Относительный и абсолютный возраст кимберлитов // Отеч. геол., 1997, № 1. — С. 41-51.

25. Лампроиты. Научн. ред. С.А. Богатиков. М.: 1991. — 380 с.

26. Летников Ф.А., Жаткуев Н.С., Ляшкевич В.В. Флюидный режим термоградиентных систем. Новосибирск, Наука, Сиб. отд., 1985. — 133 с.

27. Летников Ф.А. К проблеме источника внутреннего тепла Земли // ДАН, 2001. т. 378, № 3. — С. 387-389.

28. Летников Ф.А. Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // Геология рудных месторождений, 2001. т. 43, № 4. — С. 291-307

29. Летников Ф.А., Ватанабе Т., Котов А.Б., Йокаяма К., Зырянов А.С., Ковач В.П., Гладкочук Д.П. К вопросу о возрасте метаморфических пород Кокчетавской глыбы (Северный Казахстан) // ДАН, 2001. т. 381, № 4. — С. 518-521.

30. Летников Ф.А., Дорогокупец П.И. К вопросу о роли суперглубинных флюидных систем земного ядра в эндогенных геологических процессах // ДАН, 2001, т. 378, № 4. — С. 535-537.

31. Метелкина М.П., Прокопчук Б.И., Суходольская О.В., Францесон Е.В. Докембрийские алмазоносные формации Мира. М.: Недра, 1976. — 134 с.

32. Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории Земли. Рифтогенез на древних платформах. М.: Недра, 1983. — 280 с.

33. Милашев В.А. Трубки взрыва. Ленинград, Недра, 1984. — 268 с.

34. Милашев В.А. Кимберлиты и глубинная геология. Ленинград, Недра, 1990. — 167 с.

35. Минеральные месторождения Китая. Алмазы // Министерство природных ресурсов Российской Федерации. — М.: 1999. — С. 200-204.

36. Митюхин С.И. Геолого-генетические и эмпирические основы выделения таксона класса субпровинции кимберлитов и конвергентных им пород // Отеч. геология, 1997, № 1. — С. 23-28.

37. Неймарк Л.А., Немчина А.А., Розен О.М. и др. Sm/Nd изотопные системы в нижнекоровых ксенолитах из кимберлитов Якутии // Докл. РАН, 1992, т. 327, №3. — С. 374-378.

38. Основы тектоники Китая. М., Госгеолтехиздат, 1962. — 527 с.

39. Павловский Е.В. Кратонизация земной коры материков (опыт историко-геологического исследования) //

*Сравнительный историко-минерагенический анализ древних платформ. синхронность и биполярность
(на примерах распространения кимберлитов и карбонатитов)*

Бюл. МОИП, отд. Геол., 1975, т. 50, № 4. — С. 5-32.

40. *Перцев Н.Н., Маракушев А.А., Мохов А.В., Лапутина И.П.* Условия залегания алмазоносных пород в земной коре // *Отеч. геология*, 2000, № 1. — С. 24-28.

41. *Пожиленко В.И., Гавриленко Б.В., Жиров Д.В., Жабин С.В.* Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты, 2002. — 360 с.

42. *Поляков И.В., Калинин М.М., Сергеева О.С.* Новые аспекты алмазоносности кимберлитов Терского берега Мурманской области // *Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона*. Мат. Всерос. сов. 24-26 апреля 2001 г. Сыктывкар: Геопринт, 2001. — С. 121-122.

43. *Ревердатто В.В.* Фации контактного метаморфизма. М., Недра, 1970. — 271 с.

44. *Сафронов А.Ф., Смелов А.В., Зайцев А.И.* Проблема тектонического контроля алмазоносных кимберлитов Сибирской платформы // *Отеч. геол.*, 2001, № 5. — С. 3-5.

45. *Синицин А.В.* Принципы тектонического анализа кимберлитовых провинций // *Геол. и геофиз.*, 1992, №10. — С. 8-12.

46. *Соболев В.С.* Геология месторождений алмаза Африки, Австралии, Борнео и Северной Америки. М., Госгеолтехиздат, 1951. — 51 с.

47. *Соболев Н.В.* Структурная металлогения алмазоносных кимберлитов // *Геол. и геофиз.*, 1992, №10. — С. 3-8.

48. *Тихомиров С.В.* Этапы осадконакопления девона Русской платформы и общие вопросы развития и строения стратисферы. М.: Недра, 1995. — 445 с.

49. *Ушков В.В.* Поиски алмазов в Карелии // *Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения*. Воронеж, 2001. — С. 582, 583.

50. *Фролов А.А., Латин А.В., Толстов А.В., Зинчук Н.Н., Белов С.В., Бурмистров А.А.* Карбонатиты и кимберлиты (взаимоотношения, минерагения, прогноз). М.: НИИ «Природы», 2005. — 540 с.

51. *Хаин В.Е.* Региональная геотектоника (Северная и Южная Америка, Антарктида, Африка). М.: Недра, 1971. — 212 с.

52. *Хаин В.Е.* Общая геотектоника. М.: Недра, 1973. — 510 с.

53. *Хаин В.Е.* Региональная геотектоника (Внеальпийская Европа и Западная Азия). М.: Недра, 1977. — 320 с.

54. *Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Зуев В.М.* История алмаза. М.: 1997. — 601 с.

55. *Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И.* Коренные месторождения алмазов Мира. М.: Недра, 1998. — С. 506-528.

56. *Хелмштедт Х.Х., Герни Дж.* Геодинамический контроль кимберлитов — какую роль играют горячие точки и плитная тектоника? // *Геол. и геофиз.*, 1997, т. 38, №2. — С. 461-476.

57. *Чайка В.М.* Рифейские зеленокаменные пояса Северной Африки и их рудные месторождения. М.:

Наука, 1990. — 104 с.

58. *Шацкий В.С., Рылов Г.М., Ефимова Е.С., де Корте К., Соболев Н.В.* Морфология и реальная структура микроалмазов из метаморфических пород Кокчетавского массива, кимберлитов и аллювиальных россыпей // *Геология и геофизика*, 1998, № 7. — С. 942-955.

59. *Штрейфс Н.А.* О происхождении Гондваны // *Гондвана. Междунар. геол. конгресс, XXII сессия. Докл. сов. геол. по пробл.9. М., Наука*, 1964. — С. 7-47.

60. *Шумлянский В.А.* Киммерийская металлогеническая эпоха на территории Украины. Киев, Наукова думка, 1983. — 220 с.

61. *Brogger W.* Die Eruptivegestein des Kristianiagebiet, IV. Das Forebeit in Telemark Noewegen // *Norsk Vidensk. Sur I. Math. Naturv.*, 1921, R. 1, № 9, Oslo. — P. 210-222.

62. *Cardevila R., Arndt N., Letendre J., Sauvage J.-F.* Diamonds in volcanoclastic komatiite from French Guiana // *Nature*, 3 June 1999, v. 399, № 6735. — P.456.

63. *Clifford T.N.* Tectono-metallogenic units and metallogenic provinces of Africa // *Earth and Planet. Sci. Letters*, 1966, v.1, № 2. — P. 298-401.

64. *Dawson J.B.* The structural setting of African kimberlite magmatism // *African Magmatism and Tectonics*. Oliver and Boyd, 1970. — P. 321-335.

65. *Dawson J.B.* Kimberlites and their Xenoliths // *Berlin, Springer Verlag*, 1986. — 252 p.

66. *Hart S.R.* A large scale isotope anomaly in the Southern Hemisphere mantle // *Nature*, 1984, v. 309, № 5971. — P. 753-757.

67. *Janse A.J.A., Sheahan P.A.* Catalogue of world-wide diamond and kimberlite occurrences: a selective and annotative approach // *J. of geochem exploration (special issue)*, 1995, v.53. -72 p.

68. *Kaminsky F.V., Zakharchenko Olga D., Davies R., Griffin W.L., Khachtryan-Blinova G.K., Shiryev A.A.* Super-deep diamonds from the Juina area, Mato Grosso State, Brasil. Contribution to Mineralogy and Petrology. Springer-Verlag, 2001. — 32 p.

69. *Kossmat F.* Paleogeographie und Tektonik. Berlin, 1936. — 414 s.

70. *Larsen R.B., Eide E.A., Burke E.A.J.* Evolution of metamorphic volatiles during exhumation of microdiamond-bearing granulites in the Western Gneiss Region, Norway // *Contr. Miner. Petrol.*, 1998, 133. — P. 106-121.

71. *MacRae N.D., Armitage A.E., Jones A.L., Miller A.R.* A dimondiferous lamprophyre dyke, Gibson Lake Area, Northwest Territoties // *Intern. Geol. Rev.*, 1995, v. 37. — P. 212-229.

72. *Pearson D.C., Daves R.M., Shirey S.B., Carlson R.W., Griffin W.L.* The age and origin of eastern Australian diamonds: Re-Os isotope evidence from sulfide inclusions in two diamonds from Wellington, New South Wales, 1998/ [http:// www/es/mq.edu.au/GEMOC/Abstrfull198/PearsonG9811/him#top](http://www/es/mq.edu.au/GEMOC/Abstrfull198/PearsonG9811/him#top)

73. *Pearson Graham.* How old are the diamonds? [http:// earth.leeds.ac.uk/ygs/programme/year1998/mar98/him#Pearson](http://earth.leeds.ac.uk/ygs/programme/year1998/mar98/him#Pearson)

ЛИТЕРАТУРА

1. Верхний плиоцен бассейна Верхнего Дона / Г.В. Холмовой, Р.В. Красненков, Ю.И. Иосифова и др. — Воронеж, 1985. — 144 с.
2. Холмовой Г.В. Неоген-четвертичный аллювий и полезные ископаемые бассейна Верхнего Дона. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1993. — 100 с.
3. Agajanian A.K. Kleinsaugetiere der Quartar in der Russischen Ebene. — Quartar. Kiel, 1977. № 2. P. 11—145.
4. Agajanian A.K., Kowalski K. Polonomys insuliferus (Kowalski, 1958) (Rodentia, Mammalia) from the Pliocene of Poland and of the European Part of the USSR. — Acta zoologica cracoviensia. Krakow, 1978. T. 23, № 3. P. 29—53.
5. Агаджанян А.К. Мелкие млекопитающие среднего плиоцена Русской равнины // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 2003. — Т. 11, № 6. — С. 98—114.

Поступила в редакцию 20.12.06 г.