

Природа особенностей металлогении древних платформ

В.С.ШКОДЗИНСКИЙ (Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН); 677980, г. Якутск, проспект Ленина, д. 39)

Концепция существования глобального магматического океана на ранней стадии эволюции Земли позволяет объяснить главные особенности металлогении древних платформ. Эманационная дифференциация огромного объема магмы этого океана обусловила образование древних, часто гигантских гидротермальных и стратифицированных осадочно-гидротермальных месторождений железистых кварцитов, золота, урана, меди, цинка, свинца, сурьмы. Фракционирование крупных интрузий мафических магм привело к возникновению уникальных древних месторождений платины, хрома, никеля. С процессами накопления в остаточных расплавах глубинных слоёв океана расплавофильных компонентов и углерода связано формирование редкоземельных и редкометалльных карбонатитов и алмазоносных кимберлитов.

Ключевые слова: платформы, магматический океан, стратиформные месторождения, редкоземельные карбонатиты, кимберлиты.

Шкодзинский Владимир Степанович



shkodzinskiy@diamond.ysn.ru

Peculiarities of platform metallogeny

V.S.SHKODZINSKY (Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences)

Conception of a global magma ocean allows to explain main peculiarities of platform metallogeny. Its emanation differentiation caused the formation of giant hydrothermal and sedimentary-hydrothermal stratiform Fe, Au, U, Cu, Zn, Pb, Sb deposits. Differentiation of major intrusions of its mafic magmas caused Pt, Cr, Ni deposits formation. Deep differentiation of its mafic magmas formed deposits of rare-earth carbonatites and diamonds of kimberlites.

Key words: platforms, magma ocean, stratiform deposits, rare-earth carbonatites, diamonds of kimberlites.

На древних платформах находится значительное количество уникальных эндогенных месторождений, имеющих множество загадочных особенностей. Их происхождение давно является предметом дискуссии и остаётся во многом непонятным. Для них характерны часто гигантские запасы рудных компонентов, обычно отсутствие пространственной и генетической связи с конкретными магматическими телами, иногда стратиграфический контроль положения рудных тел и в то же время признаки участия гидротермальных процессов в их образовании. Имеющиеся многочисленные доказательства горячей гетерогенной аккреции Земли и фракционирования на ней глобального магматического океана [10–13] позволяют объяснить особенности этих месторождений.

О фракционировании на Земле глобального магматического океана свидетельствуют тренды магматического фракционирования в мантийных ксенолитах из кимберлитов и в раннедокембрийских кристаллических комплексах, уменьшение изотопного возраста и темпе-

ратуры кристаллизации различных пород в них в полном соответствии с последовательностью образования этих пород при фракционировании, признаки очень высокой температуры на земной поверхности в раннем архее (до 900–1000°C). На это указывает также существование в раннедокембрийских кристаллических комплексах и в ксенокристаллах клинопироксена из кимберлитов признаков образования в условиях очень низких (2–3,5°/км) геотермических градиентов, близких к адиабатическому градиенту для расплавов (0,3°/км) и резко отличающихся от современных градиентов (до 150°/км). Сильная химическая неравновесность мантийных пород с металлическим железом свидетельствует о том, что силикатные и железные частицы протопланетного диска никогда не были перемешаны в недрах Земли. Они выпадали раздельно: сначала металлические, затем силикатные тела. Следовательно, аккреция была гетерогенной. Эти результаты свидетельствуют об ошибочности широко распространённой гипотезы холодной гомогенной аккреции нашей планеты.

Согласно полученным результатам, земное ядро образовалось раньше силикатной мантии путём быстрого объединения железных частиц в протопланетном диске под влиянием мощных магнитных сил [12, 14]. Быстрая аккреция привела к более высокой температуре ядра (изначально на 1–2 тыс. градусов) по сравнению с позже возникшей мантией. Поэтому ядро постоянно подогревает её, что является причиной возникновения в мантии тепловой конвекции и тектоники плит в литосфере.

Выпадавшие на ядро силикатные частицы плавилась под влиянием импактного тепловыделения и формировали глобальный магматический океан. Его придонная часть кристаллизовалась и фракционировала под влиянием роста давления нагрузки новообразованных аккрецией верхних частей. Кумулаты сформировали мантию. Из-за пониженной силы гравитации на ранней небольшой Земле и ещё незначительного давления слоя расплава в малоглубинном океане фракционирование его придонных частей длительное время происходило при низком (<0,3 ГПа) давлении. Это обусловило формирование огромного объёма кислых остаточных расплавов. Их всплытие и последующая кристаллизация привели к образованию раннедокембрийских кристаллических комплексов и мощной кислой коры древних платформ. Формировавшиеся при аккреции разные по составу расплавы располагались в магматическом океане в соответствии со своей плотностью, что обусловило образование в нём слоистости и его кристаллизацию сверху вниз при остывании.

Затвердевание огромной массы расплавов магматического океана глубиной около 250 км сопровождалось колоссальными процессами эманационной и кристаллизационной дифференциации, обусловившими возникновение загадочных особенностей металлогении древних платформ. Анализ свидетельствует о существовании четырёх генетических типов эндогенных месторождений, связанных с магматическим океаном: гидротермальных, осадочно-гидротермальных, магматических и остаточно-магматических.

Гидротермальные и осадочно-гидротермальные месторождения. Магматический океан содержал огромное количество растворённых в нём летучих компонентов. По космологическим данным [2], Земля и планеты земной группы сформировались в относительно близкой к Солнцу внутренней части протопланетного диска. Летучие компоненты из неё в основном были вытеснены давлением светового излучения возникшего Солнца во внешнюю часть диска, где они вошли в состав огромных газовых планет. В формировавшихся мантию силикатных частицах летучие компоненты находились в химически связанном состоянии и в адсорбированном виде на поверхности кристаллов. Это объясняет резкое отличие гидросферы и атмосферы Земли от состава газов Солнца и внешних газовых планет, в которых преобладают водород и гелий. При импакт-

ном плавлении во время аккреции летучие компоненты растворялись в расплаве. В процессе придонной компрессионной кристаллизации магматического океана они концентрировались в остаточном расплаве вследствие их большой расплавофильности. Магматический океан, таким образом, аккумулировал большую часть летучих компонентов вещества мантии, что объясняет обычно незначительное (0,1–0,2%) содержание воды и углекислоты в мантийных породах.

Из-за очень высокой (>2000°C) начальной температуры поверхности Земли она сначала не могла захватывать и удерживать газы. Способность космических тел удерживать газы иллюстрирует формула $V = mK^{-1}T^{-1}(GMR^{-1} - W^2R^2)$, где V – параметр удержания газов телом, m – средняя масса газовых молекул, K – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, W – угловая скорость вращения тела, G – ускорение силы тяжести, M – масса тела [17]. Расчёты по этой формуле показали, что вода и азот на Земле начали удерживаться при температуре, соответственно, 1315 К и 1015 К. Это произошло через 100 и 170 млн. лет после окончания аккреции [12]. Постаккреционный магматический океан начал кристаллизоваться примерно через 600 млн. лет после аккреции. Следовательно, выделявшиеся из него газы удерживались Землёй и сформировали на ней гидросферу и атмосферу. Растворение в магматическом океане примерно 0,04% летучих компонентов из вещества мантии и их последующее отделение достаточно для образования современного объёма гидросферы и атмосферы. При этом магматический океан глубиной 250 км при кристаллизации должен был потерять примерно 0,45% воды от его массы. Возможность такой потери вполне реальна, так как содержание этого компонента в природных магмах достигает первых процентов.

Поведение рудных и выносящих их летучих компонентов в кислых магмах отражает диаграмма на рис. 1, рассчитанная по опубликованным экспериментальным данным [11, 12]. Она показывает, что при кристаллизации магм рудные компоненты накапливаются в остаточных расплавах до тех пор, пока не начинается образование фаз, содержащих эти компоненты в большом количестве. Например, касситерита для олова, вольфрамита для вольфрама и др. Параметры их кристаллизации (см. рис. 1, толстые изогнутые линии) отражают условия образования наиболее высоко рудоносных гидротерм. С уменьшением исходного содержания рудного компонента в магмах растёт степень их кристаллизации и уменьшается температура, необходимые для достижения высоких содержаний компонента во флюиде и в сформированных из него гидротермах.

Для магматического океана характерны высокие содержания кремнекислоты и железа. Это объясняет наиболее раннее формирование на всех древних платформах месторождений железистых кварцитов

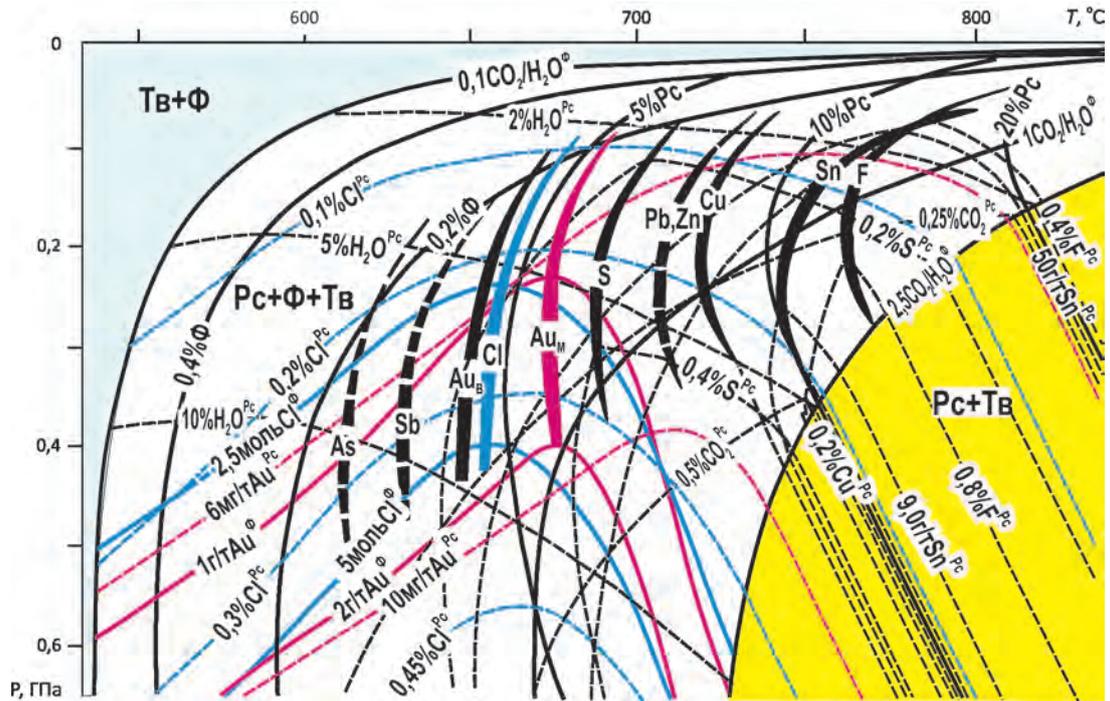


Рис. 1. P-T диаграмма распределения рудных и выносящих их летучих компонентов во фракционирующих кислых магмах:

исходное содержание: H₂O – 1%, CO₂ и F – по 0,1%, Cl – 0,03%, S – 0,05%, Sn – 10 г/т, Au – 0,002 г/т, Cu – 2 г/т, Pb – 2 г/т, Zn – 6 г/т, Sb – 0,2 г/т, As – 0,15 г/т при коэффициентах распределения этих компонентов между расплавом и твёрдыми фазами, соответственно, 2, 2, 10, 2, 4, 5, 1,5, 2, 2, 2, 5, 5 [11]; Pс – расплав, Tв – твёрдые фазы, Ф – флюидная фаза; толстые изогнутые линии – параметры образования высоко рудоносных гидротерм, пунктирные – построенные при недостатке экспериментальных данных

(рис. 2). Как иллюстрирует рис. 3, на хорошо изученной Австралийской платформе их изотопный возраст составляет 3,8–1,8 млрд. лет. Также следует обратить внимание на огромные запасы железа в них, которые на некоторых месторождениях оцениваются в миллиарды–триллионы тонн [1]. Это несопоставимо больше, чем запасы в миллионы тонн, обычно характерные для фанерозойских месторождений этого металла. Суммарная мощность пластов железистых кварцитов на месторождении иногда бывает больше километра. В них тонкие прослои кварцита (обычно толщиной несколько миллиметров) чередуются с прослоями, сложенными в основном магнетитом и гематитом.

Не понятен был источник огромного количества железа и кремнекислоты в этих месторождениях. В них отсутствуют признаки генетической связи с какими-либо конкретными магматическими телами. Чаще всего предполагалось, что кремнекислота и железо привносились из выветривавшихся вмещающих пород. Однако эти породы не имеют признаков протекания грандиозных процессов выветривания, сопоставимых по масштабам с процессами отложения железных руд. Очевидно, что гигантская по масштабам кристаллизация магматичес-

кого океана глубиной около 250 км, сопровождающаяся выносом из него эманациями огромного количества кремнекислоты и железа, и объясняет большой размер месторождений железистых кварцитов.

До настоящего времени была непонятной очень высокая окисленность железа в месторождениях железистых кварцитов. Известно, что присутствие в древнейших осадочных породах окатанных зёрен легко окисляющихся пирита и уранинита указывает на бедность ранней атмосферы кислородом. Между тем в главных железосодержащих минералах рассматриваемых месторождений – магнетите и гематите – железо является высокоокисленным, что отвергает возможность осадочного происхождения железистых кварцитов. Однако оно вполне согласуется с их гидротермальной природой, поскольку известно, что гематит и магнетит являются обычными минералами гидротермально изменённых пород [15]. Поэтому они должны были кристаллизоваться и из эманаций, отделявшихся из океана магмы.

Высокопластичное состояние полужатвердевшей кристаллической коры приводило к невозможности возникновения в ней трещин, что объясняет обычно

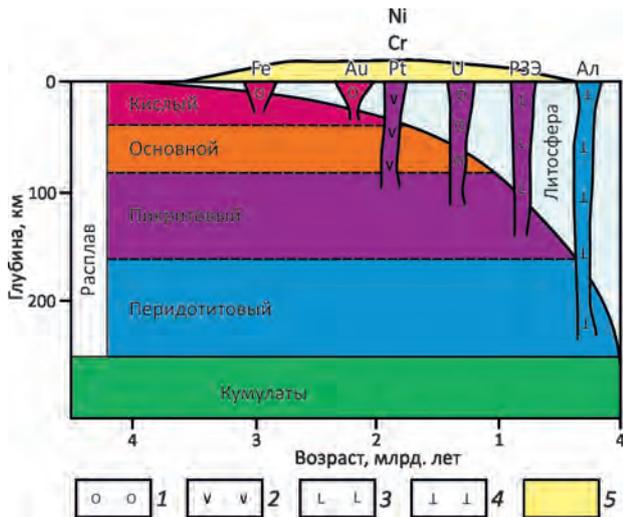


Рис. 2. Схема кристаллизации слоистого океана магмы и образования различных эндогенных месторождений:

подъём: 1 – рудоносных гидротерм, 2 – мафических магм, 3 – редкоземельных карбонатитовых расплавов, 4 – алмазонасных (Ал) кимберлитовых магм; 5 – высокоминерализованные бассейны, исходные для осадочно-гидротермальных месторождений

отсутствие на месторождениях железистых кварцитов выполненных ими жил. Их исходные гидротермы поднимались в магматическом океане, вероятно, в виде пузырей, которые растекались по земной поверхности и выполняли понижения. Интенсивное испарение воды под влиянием горячего основания приводило к ритмичному осаждению из них кремнекислоты и минералов железа с образованием тонких железистых и кремнистых слоёв и сложенных ими пластов, перекрывшихся различными осадками. Это объясняет присутствие чёткого стратиграфического контроля размещения рудных тел на месторождениях при гидротермальном генезисе оруденения. Такие месторождения, по-видимому, целесообразно называть осадочно-гидротермальными. С гидротермальными процессами связано образование в некоторых железистых кварцитах промышленных содержания золота.

Другой продукт гидротермальной деятельности глобального магматического океана – золоторудные и другие стратиформные месторождения, широко распространённые в слабо метаморфизованных породах. Наиболее уникальным является золото-урановое месторождение Витватерсранд в Африке с гигантскими запасами рудного компонента [1, 7]. Если фанерозойские месторождения считаются уникально крупными при запасах золота в сотни тонн, то на месторождении Витватерсранд к настоящему времени его добыто уже около сорока тысяч тонн, а оставшиеся запасы оцени-

ваются в десятки тысяч тонн. Из него уже извлечено около 40% золота, добытого человечеством, которое главным образом содержится в прослоях конгломератов среди песчанико-сланцевых толщ.

В настоящее время наиболее распространёнными являются гипотезы россыпного и гидротермального генезиса золота этого месторождения. Отсутствие в кристаллическом фундаменте крупных коренных золотоносных тел, которые могли бы быть источником россыпного золота, наличие признаков замещения золотом окаменелых микроводорослей, значительная (до 4%) примесь ртути в золоте, постоянно высокое содержание урана и сульфидов в золотоносных слоях свидетельствуют в пользу гидротермальной гипотезы. Однако в ней оставались непонятными причины гигантского количества золота на месторождении. Образование из эманаций магматического океана это объясняет.

Концентрация золота в кислых магмах очень мала – обычно первые миллиграммы на тонну. Поэтому богатые золотом гидротермы формировались лишь в поздних затвердевавших, относительно глубинных частях

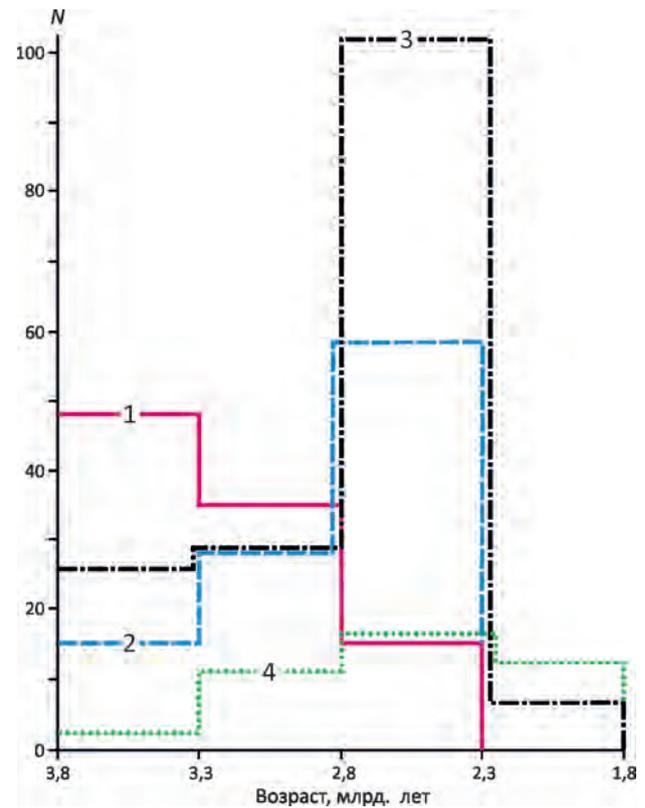


Рис. 3. Гистограммы уран-свинцовых возрастов гнейсов (1), гранитоидов (2), зеленокаменных комплексов (3) и железистых кварцитов (4) раннего докембрия Австралии. Построены по данным работы [15]:

N – число использованных определений

кислого слоя магматического океана (см. рис. 2). Этим объясняется в среднем более молодой возраст месторождения (около 1,9 млрд. лет) по сравнению с железистыми кварцитами (в среднем 2,8 млрд. лет), а также присутствие секущих золото кварцевых жил в железистых кварцитах Австралии [15].

На месторождении Витватерсранд проявлен чёткий стратиграфический контроль размещения золотоносных конгломератов. Поэтому оно, по-видимому, осадочно-гидротермальное. Золото содержащие растворы, возможно, в повышенном количестве содержались в прослоях конгломератов из-за их высокой пористости. В западной Австралии широко распространены золоторудные месторождения, сложенные золото-кварцевыми жилами и штокверками в зеленокаменных толщах [15]. Такие жилы изредка присутствуют и в гранитном фундаменте зеленокаменных толщ. Подобные месторождения, имеющие признаки образования непосредственно из гидротерм магматического океана, являются гидротермальными.

Месторождения железистых кварцитов и золота приурочены к гранит-зеленокаменным областям и обычно отсутствуют в гранулит-гнейсовых регионах. Это связано с намного большим содержанием в гранитных магмах летучих компонентов по сравнению с исходными магмами гранулит-гнейсовых толщ.

Сформировавшаяся из эманаций магматического океана оболочка сначала имела очень высокую температуру (рис. 4) и находилась преимущественно в газовой-паровой состоянии. Под мощной газовой-паровой оболочкой располагались горячие бассейны, заполненные сильно минерализованными растворами. Они являлись зародышами гидросферы Земли. Эти растворы пропитывали накапливавшиеся в бассейнах осадки. По мере остывания увеличивалось количество этих бассейнов. При постепенном снижении температуры растворимость содержащихся в них рудных компонентов уменьшалась, и они выделялись в поровом пространстве осадочных пород или замещали их минералы. По-видимому, с этим связано формирование в протерозое, реже в палеозое большого числа стратиформных осадочно-гидротермальных месторождений меди, свинца, цинка, урана, сурьмы, не имеющих связи с конкретными магматическими телами.

Ещё одним продуктом эманационной дифференциации океана магмы являются урановые месторождения типа «несогласия». Наиболее крупные находятся в Северной Австралии и в Канаде в провинциях Саскачеван и Северо-Западных территорий. Для них характерен контроль оруденения поверхностями стратиграфического несогласия между раннепротерозойским фундаментом и осадочным чехлом и связь с крупными тектоническими нарушениями. Наиболее уникальным является месторождение Мак-Артур-Ривер в Канаде. Его подтверждённые запасы на январь 2001 г. составляли 161 300 т U_3O_8 при среднем содержании последнего

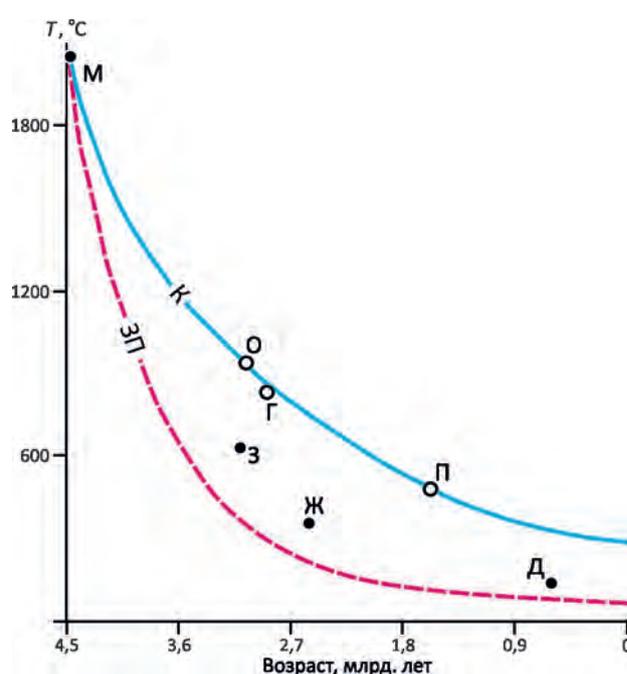


Рис. 4. Эволюция средней температуры:

К — земной коры, ЗП — земной поверхности, Г — кристаллизации гнейсов, З — зеленокаменных комплексов, О — основных кристаллических сланцев, П — пегматитов Алданского щита [11], Д — руд Джеккаганского стратиформного месторождения [5], Ж — железистых кварцитов [8]; М — исходная температура поверхности Земли после завершения аккреции [12]

21% [3], а в зоне вторичного обогащения на месторождении Раббит-Лейк — 82%. Это уникально высокие содержания, если учесть, что на месторождениях других генетических типов они обычно составляют доли процента.

Месторождения расположены в кристаллическом фундаменте под перекрывающей осадочной формацией Атабаска и в её нижней части. Её возраст ранний и средний рифей (1,5–1 млрд. лет). Следовательно, урановое оруденение должно быть ещё моложе. Такой относительно молодой возраст обусловлен небольшими концентрациями урана в первичных магмах. Поэтому высокоурановые гидротермы возникали в очень глубоких частях магматического океана, которые кристаллизовались наиболее поздно. Высокие содержания никеля и кобальта в рудах указывают на образование ураноносных гидротерм в остаточных расплавах пикритового слоя магматического океана на глубине, по-видимому, во многие десятки километров (см. рис. 2). Рудоносные эманации поднимались по зонам тектонических нарушений в земной коре. Это объясняет связь с ними месторождений.

Магматические и остатчно-магматические месторождения. Расчёты [13] свидетельствуют о том, что после затвердевания верхнего кислого слоя магматического океана его плотность становилась иногда больше, чем ещё жидких подстилавших основного и пикритового слоёв. Это приводило к всплыванию из них в земную кору огромных объёмов мафических расплавов. Данное явление объясняет формирование на ранних стадиях эволюции древних платформ очень крупных интрузий основных и ультраосновных магматических пород. Например, крупнейший Бушвельдский комплекс возрастом около 2 млрд. лет в Африке обнажается на площади около 66 000 км². Дифференциация при кристаллизации таких комплексов приводила к образованию крупных месторождений платины, хрома, никеля. Это объясняет очень раннее образование крупных месторождений этих металлов в истории Земли (рис. 5). Например, Бушвельдский комплекс содержит более 80% мировых запасов платины.

Дифференциация с накоплением рудных компонентов в остаточных расплавах происходила и в глубинных слоях магматического океана. Особенно интенсивно накапливались очень расплавофильные редкие и редкоземельные элементы. Подъём таких расплавов приводил к образованию крупных месторождений этих элементов. Такое происхождение имеют редкоземельные карбонатиты месторождения Томтор в Якутии и многие подобные месторождения в других регионах (Арбарастах, Горное озеро на Алданском щите; Боян-Обо, Гвандонг, Кунгу в Китае; Минас-Жерайс в Бразилии) [4].

Затвердевание наиболее глубинного перидотитового слоя магматического океана сопровождалось образованием кимберлитовых остаточных расплавов в результате накопления в них углекислоты, воды и других расплавофильных компонентов [12]. Отсадка породообразующих минералов приводила к возникновению гарцбургитовых, лерцолитовых, пироксенитовых

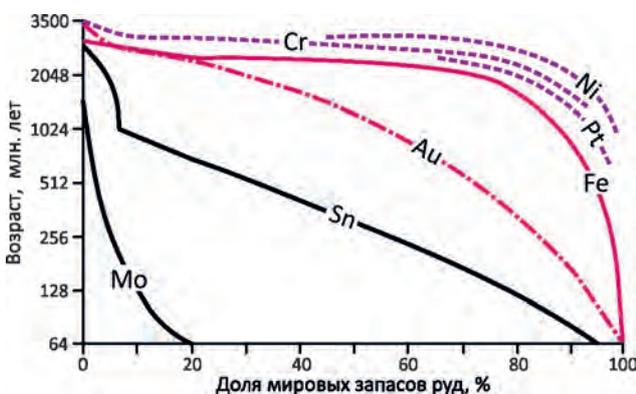


Рис. 5. Распределение мировых запасов руд различных металлов в месторождениях разного возраста. По работе [16] с добавлениями

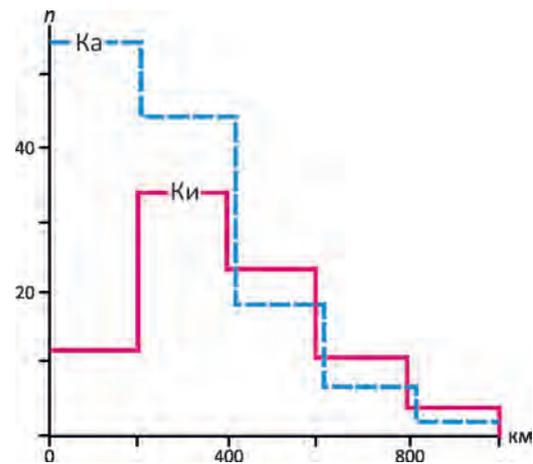


Рис. 6. Гистограммы распределения карбонатитовых интрузий (Ка) и кимберлитовых полей (Ки) в зависимости от расстояния до ближайшего края платформы. Построены по данным работы [9]:

n — число интрузий и полей

и эклогитовых кумулатов, что объясняет постоянное присутствие ксенолитов этих пород в кимберлитах. Возрастание концентрации углерода в остаточных расплавах обусловило кристаллизацию в них алмазов. Увеличение вязкости остаточных расплавов из-за накопления в них кремнекислоты, глинозёма и оксидов других многозарядных элементов вызывало уменьшение скорости диффузии углерода и увеличение степени пересыщения им расплавов. Это определило смену полойного роста алмазов радиальным и октаэдрической морфологии образующихся кристаллов ромбододекаэдрической и кубической. Медленное остывание нижних слоёв магматического океана является причиной позднего образования в них остаточных расплавов — в среднем 688 млн. лет назад для карбонатитовых и 236 млн. лет для кимберлитовых [12].

Большинство (54%) карбонатитовых массивов расположено в интервале 0–200 км от ближайшего края платформ, тогда как кимберлитовые поля максимально (33%) распространены на расстоянии 200–400 км от краёв (рис. 6). Это, по-видимому, обусловлено наиболее широким развитием на краях платформ глубинных разломов, необходимых для подъёма больших объёмов карбонатитосодержащих щелочно-ультраосновных магм. Кимберлитовые магмы формировались чаще всего в областях повышенной мощности литосферы (в литосферных кляях), которые обычно находятся на удалении от краёв платформ.

Таким образом, многочисленные, казалось бы, загадочные особенности уникальных месторождений на древних платформах объясняются ведущей ролью

магматического океана в их образовании. Это позволяет выделить в классификации эндогенных месторождений большой новый генетический класс.

Автор выражает благодарность рецензенту А.В.Округину за ряд полезных замечаний, способствовавших улучшению статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Актуальные проблемы металлогении золота* / Ю.Г.Сафонов, В.В.Попов, А.А.Волков и др. // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 3. С. 1257–1275.
2. *Александров Ю.А.* Докембрийские железорудные формации СССР / Докембрийские железорудные формации Мира. – М.: Мир, 1975. С. 172–204.
3. *Додд Р.Т.* Метеориты – петрология и геохимия. – М.: Мир, 1986.
4. *К проблеме поисков месторождений урана в Якутии* / И.Н.Истомин, В.М.Мишнин, А.Н.Колтин, Б.Н.Ложников // Вестник Госкомгеологии Якутии. 2003. № 2. С. 3–27.
5. *Михайлов В.А.* Редкоземельные руды Мира. – Киев: Изд-во Киевского ун-та, 2010.
6. *Рыженко Б.И., Черкасов Е.В.* Модель геохимических процессов при формировании месторождения Джеккаган // Геология рудных месторождений. 2014. Т. 56. № 3. С. 229–236.
7. *Старостин В.И., Сакия Д.Р.* Эволюция взглядов на происхождение месторождения Витватерсранд // Вестник МГУ. 2015. Серия 4. Геология. С. 32–38.
8. *Френч М.* Ассоциации минералов в диагенетических и слабо метаморфизованных железорудных формациях / Докембрийские железорудные формации Мира. – М.: Мир, 1975. С. 172–204.
9. *Фролов Ф.А., Лапин А.В., Толстов А.В.* Карбонатиты и кимберлиты (взаимоотношения, минералогия, прогноз). – М.: НИИ-Природа, 2005.
10. *Шкодзинский В.С.* Фазовая эволюция магм и петрогенезис. – М.: Наука, 1985.
11. *Шкодзинский В.С.* Проблемы глобальной петрологии. – Якутск: Сахаполиграфиздат, 2003.
12. *Шкодзинский В.С.* Генезис литосферы и алмазов. Модель горячей гетерогенной аккреции Земли. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2015.
13. *Шкодзинский В.С.* Глобальная петрология по современным данным о горячей гетерогенной аккреции Земли. – Якутск: Изд-во СВФУ, 2018.
14. *Harris P.G., Tozer D.C.* Fractionation of iron in the Solar system // Nature. 1967. Vol. 215. P. 1449–1451.
15. *Larnicka P.* Development of nonferrous metal deposits in geological time // Canad. J. Earth Sci. 1973. Vol. 10. № 1. P. 17–28.
16. *Opik E.J.* Selective escape of gases // Geophys. J. 1963. Vol. 7. P. 490–509.
17. *Third international archaean symposium, Perth, 1990* / S.E.Ho, J.S.Glover, J.S.Myers, J.R.Muhling // Excursion guidebook. 1990.

Вышли в свет монографии:



Глобальная петрология по современным данным о горячей гетерогенной аккреции Земли: монография / В.С.Шкодзинский. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2018. – 244 с.

В монографии приведены многочисленные доказательства горячей гетерогенной аккреции Земли. На их основе получено принципиально новое решение главных проблем петрологии. Автор ставит задачу кратко обобщить все полученные результаты и разработать единую всеобъемлющую систему новых петрологических представлений. В монографии впервые широко использованы материалы по геологии планет земной группы, которые позволяют лучше понять природу земных процессов. Приведены доказательства существования обратного геотермического градиента (уменьшения температуры мантии с глубиной) и невозможности процессов плитной тектоники на ранней стадии геологической эволюции нашей планеты. Рассмотрена роль гетерогенной аккреции в формировании многообразия состава магматических, мантийных и коровых пород.

Месторождение Прогноз – уникальное месторождение серебра Восточной Якутии: монография / Г.Н. Гамянин. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2018. – 370 с.

В монографии приводится геологическая характеристика серебро-полиметаллического месторождения Прогноз, представляющего пример полигенного и полихронного оруденения. В основу положен массив данных многолетних работ автора, детальных минералогических минералого-геохимических и изотопных исследований, анализ флюидных включений, внесён вклад в решение дискуссионной проблемы генезиса месторождений серебра.

Работа представляет большой интерес для широкого круга геологов, минералогов и геохимиков, занимающихся рудными месторождениями, и рекомендована студентам высших учебных заведений геологического профиля в качестве дополнительной литературы.

