



УДК 553.411'491.8:(553.2+551.242)

МАНТИЙНО-КОРОВЫЕ РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

А. Ф. Коробейников

Рассматривается пульсационно-эстафетная концепция развития минералообразующих процессов, приводящих к концентрации благородных металлов в земной коре. Показано, что формирование наиболее крупных золоторудных и комплексных золотоплатиноидных месторождений происходило при активном участии глубинных металлоносных магмо-термофлюидодинамических систем как продуктов плюм-тектоники, палеодиапиризма и глубинного метасоматизма.

Ключевые слова: благородные металлы, мантийно-коровые рудообразующие системы, рудно-метасоматическая зональность.

MANTLE-CRUST ORE-FORMING SYSTEMS OF PRECIOUS METALS

A. F. Korobeinikov

The article deals with the relay-pulsating concept of mineral-forming processes development leading to the concentration of precious metals in the Earth's crust. It is shown that the formation of the largest gold-ore and complex gold-platinoid deposits occurred under active participation of deep metalliferous magma-thermo-fluidodynamical systems as products of plume tectonics, paleodiapirism and deep metasomatism.

Keywords: precious metals, mantle-crust ore-forming systems, ore-metasomatic zoning.

Феликс Николаевич Шахов активно разрабатывал вопросы магматизма и геохимии благородных металлов в магматических и контактово-метасоматических процессах [10–12]. Автор данной статьи, основываясь на пульсационной гипотезе [6, 9], предлагает новую концепцию пульсационно-эстафетного развития глубинных минералообразующих процессов, приводящих к концентрации благородных металлов в земной коре [2].

Золотоносные рудные районы, рудные поля и месторождения размещаются в следующих региональных складчато-разрывных структурах: 1) зеленокаменных поясах и наложенных прогибах древних платформ и плит (Сибирская платформа и Западно-Сибирская плита); 2) протерозой-фанерозойских складчатых поясах, обрамляющих с юго-запада Сибирскую платформу, а с запада – Западно-Сибирскую плиту; 3) краевых вулканоплутонических поясах Восточной Сибири и Средней Азии; 4) зонах тектономагматической активизации платформ и складчатых поясов; 5) шовных тектонических структурах.

В таких условиях находятся золоторудные и золотоплатиновые рудные объекты (Сухой Лог, Олимпиадинское, Бакырчик, Кумтор, Мурунтау, Березовское, Воронцовское и др.). Здесь, кроме золота, проявилась платиноидная минерализация прожилково-вкрапленного типа, возможно, промышленного значения [3]. Такие комплексные рудные объекты возникали при процессах мантийного и внутрикорового метасоматизма и магматизма. В результате взаимодействия глубинных

высоконагретых металлоносных флюидопотоков разного состава и состояния при взаимодействии с разнородными породами литосферы возникали специфические минералообразующие системы в каждом земном слое, что обеспечивалось пульсационно-эстафетной динамикой эндогенных процессов. В мантии осуществлялось преобразование этих слоев с возникновением металлоносных магмо-термофлюидодинамических систем. Широко проявленный внутримантийный термофлюидный метасоматизм (как продукт дегазации внешнего ядра и нижней мантии планеты) обеспечивал перераспределение, экстракцию, вынос и стягивание благородных металлов во флюидные потоки.

Доказательством такой модели послужили результаты исследования распределения золота в метасоматизированных глубинных включениях ультрамафитов в кимберлитовых телах Сибирской платформы [2]. Они показали понижение вдвое содержания золота в образцах измененных перидотитов (до 2,6–3,8 мг/т вместо 8–10 мг/т в исходных гранатовых перидотитах и перекристаллизованных гранатах). Именно внутримантийные глобальные процессы термофлюидного метасоматизма, выразившиеся в амфиболизации, калишпатизации, флогопитизации и карбонатизации перидотитов, приводят к перераспределению, экстракции, выносу благородных металлов с возникновением глубинных металлоносных термофлюидопотоков. Так происходит заложение магмо-термофлюидодинамических золотоплатиноконцентрирующих систем.

Высоконагретые летучие компоненты отделялись от внешней зоны ядра, нижней мантии и астеносферных линз планеты, а в дальнейшем



прогревали породы верхней мантии и земной коры и формировали зоны гранитизации.

Петролого-геохимические исследования глубинных метасоматических ассоциаций в кимберлитах, выполненные О. В. Олейниковым [7], показали, что парагенетическая ассоциация *алюмошпинелид-пикроильменит-ортопироксен-амфибол-перекристаллизованный гранат* – явно вторичного происхождения, связанного с метасоматическим воздействием глубинных флюидов. Наличие в интрузивном кимберлите глубинных метасоматических ассоциаций, вероятно, свидетельствует о масштабности метасоматических процессов в области зарождения кимберлитового расплава [7]. Дополнительными доказательствами участия мантийного вещества в процессе формирования золотых и золотоплатиноидных рудных объектов в земной коре могут служить постоянно выявляемые повышенные концентрации (до 1–9 г/т) платиновых металлов (Pt, Pd, Os, Ir, Rh) в золоторудных полях, рудных телах, окolorудных метасоматитах крупных и сверхкрупных золоторудных месторождений России и зарубежья [2, 3]. Крупность возникавших рудных объектов обеспечивалась размерами исходных структурловушек металлоносных флюидов и солитонно-импульсным режимом неоднородной глубинной дегазации.

В глубинах Земли постоянно происходят процессы преобразования консолидированного вещества благодаря внутримантийному диапиризму и высокотемпературному флюидному метасоматизму. Высоконагретые флюидопотоки прогревали породы литосферы и путем гранитизации (магматического замещения, по Д. С. Коржинскому и Ю. А. Кузнецову) вовлекали их в магмообразование.

В каждом слое, блоке мантии, литосферы, земной коры возникали неодинаковые по силе, но схожие по природе электромагнитные и электрические явления под воздействием восходящих высоконагретых флюидопотоков. Электромагнитные и электрические силы-потоки при перенапряжениях силовых полей создавали условия для «грозы в земле» [1]. На молекулярном уровне планеты действовали физические и механические поля перенапряжений в земных слоях. Они были дополнительным фактором проявления тектоники и обеспечивали транспортировку энергии и массы вещества эстафетным способом от слоя к слою с преобразованием тепловой энергии в электрическую и наоборот, а также с пульсационной передачей ее наверх. Это и создавало пульсационно-эстафетный режим развивающейся флюидно-магматической системы.

Предложенная нами концепция пульсационно-эстафетного саморазвития глубинных геологических процессов позволяет более уверенно объяснять зарождение, развитие и роль промежуточных магматических очагов в дифференциации

магм в мантии и земной коре. Б. В. Олейниковым и А. Ф. Коробейниковым по материалам трапповых интрузий Сибирской платформы было показано, что, благодаря притоку глубинных сквозь-магматических флюидных потоков, несущих благородные металлы, в промежуточных камерах происходит многократное насыщение дифференцированных магм металлами [8]. В дальнейшем поздние дифференциаты магм могли участвовать в процессах эндогенного рудообразования. Такие вторично обогащенные благородными металлами расплавы и послемагматические флюиды в условиях земной коры обеспечивали формирование промышленных скоплений Au и ЭПГ.

В сложнзональных дайках долерит-диабазов и габбро-диабазов Саралинского золоторудного поля Кузнецкого Алатау, сформированных путем 3–6-кратного внедрения диабазового расплава из промежуточных очагов-камер, установлено 2–3-кратное накопление золота в поздних генерациях габбро-диабазов (коэффициент накопления $K_H^{Au} = 1,8–7,5$) [4]. Эти данные свидетельствуют также о накоплении Au в остаточных порциях расплавов при дифференциации магм и поступлении металлоносных флюидов в магматические камеры.

Автором и его коллегами разработаны критерии выделения глубинных золотоцентрирующих систем в земной коре [2]:

1. Следы рифтогенеза и плюмтектоники, щелочного метасоматизма: инъекционные тела глубинных магматитов пикрит-базальтового, андезитового, долерит-лампрофир-плагиогранитного составов; блоки разуплотненных метасоматическими процессами пород, фиксируемых сейсмо-томографией, гравитационными ступенями глубинных зон, минералого-геохимическими полями, глубинными (15–220 км) разломами. Глубинными геофизическими методами фиксируется активизация верхней мантии в виде гребней, выступов в земную кору. Крупные и гигантские рудные объекты формировались на фоне длительного развития мантийно-коровых палеодиапиров под воздействием высоконагретых флюидных потоков и флюидизированных магм.

2. Развитие на глубинах батолитов, а выше – штоков, даек долерит-диабазов, долерит-лампрофиров и полей площадных щелочных метасоматитов (калишпат-альбит-биотит-флогопитовых) со специализацией на Au, Ag, Pt, Pd, Te, Bi, Re и с признаками проявления глубинных палеодиапиров и термофлюидопотоков.

3. Выявление признаков фракционирования золота между твердой (кристаллит) и жидкой (расплав, рассол) фазами кристаллизующихся расплавов с $K_H^{Au} = 1:3–21$ и $1:33–114$; между твердой и флюидной фазами области субсолидуса с $K_H^{Au} = 1:5,5$ и $1:290$ [2], между жидкой (расплав) и флюид-



ной фазами кристаллизующихся расплавов основного и кремнекислого составов для толеитовых магм определены как 1,3:1:3 в начальной стадии кристаллизации, 2,5:1:21 – в конечной, 2,5:1:114 – в остаточных флюидизированных расплавах. Этим объясняется совмещенность золотого оруденения с поздними дифференциатами гранитоидных интрузий.

4. Обнаружение среди акцессорных минералов магматитов, скарнов, K-Na метасоматитов, грейзенов, березитов-лиственитов, пропицитов, аргиллизитов, карбидов SiC, FeC₃, дефицитно-сернистых соединений (троилит, пирротин) с примесями Bi, Te, As, Sb, Zn, Sn, Au, Ag, Pt, Pd, Hg, производимых высоконагретыми глубинными флюидами восстановительной обстановки минералообразования. Такие минеральные комплексы свойственны наиболее крупным рудным объектам глубинного типа [2, 3]. В золоторудных полях и месторождениях проявляется рудно-метасоматическая зональность в вертикальном разрезе палеогидротермальных колонн: смена снизу вверх акцессорных минералов восстановительной обстановки (троилит, пирротин, Au, Ag, Zn, Sn, ортит) на окисленные (гематит, магнетит, халькопирит, сульфосоли Cu и др.).

5. Развитие ореолов повышенной золотосодержимости в контактовых мраморах, плагиоклаз-пироксеновых, пироксен-амфиболовых роговиках гранитоидных интрузий (Саралинское, Коммунарское, Центральное, Ольховское, Тарданское, Синюхинское рудные поля). Здесь приконтактные гранитоиды содержат 3–5 мг/т Au, роговики – 5,7 мг/т, мраморы – 3,6–3,8 мг/т, а вмещающие мраморы и эффузивы – 2,2–3,2 мг/т. Все это указывает на незначительный привнос благородного металла в приконтактные зоны интрузий [2].

6. Появление признаков вертикальной зональности метасоматитов и руд с возникновением крупных рудно-метасоматических колонн: внизу площадные калишпат-альбит-биотитовые или флогопитовые, пропицитовые ассоциации с бедными вкрапленными (но большеобъемными) золотыми рудами в метасоматитах с Au-W-Mo(±Os, Ir, Pt); в средней части – грейзены, березиты-листвениты с жильно-штокверковыми рудами; сверху – карбонатные листвениты или эйситы, аргиллизиты с богатыми золотом рудами Au-Ag-Te±Pd.

Рудно-метасоматические колонны окружены положительными геохимическими ореолами сверху минерализованных колонн (K_H^{Au} 8–190 и $K_H^{ЭПГ}$ 13–410) и отрицательными или пониженными ($K_H^{ЭПГ}$ 0,8–0,5) – внизу.

7. Смена состава и свойств по вертикали рудно-метасоматических колонн расплавно-рассольных, газожидких, жидких включений в минералах магматитов, метасоматитов, руд с признаками восстановительной обстановки минералообра-

зования внизу (преобладают H₂, CO, CH₄, NH₄) на окислительную сверху колонны (O₂, CO₂, H₂O).

8. Признаки взаимодействия глубинно-мантийных (магмо-термофлюидодинамических) и внутрикорковых (гранитоидно-гидротермально-метасоматических) систем (фиксация контаминации коровым материалом), а также поэтапной смены мантийных расплавов – на ранних этапах источник типа PREMA (превалирующей мантии), на поздних – источник обогащенной мантии типа EMII. Кроме того, мантийно-коровое взаимодействие фиксируется аномальными мантийными метками изотопов Sr, Nb, Pb, Ag в рудогенерирующих магматитах и Pb, S в сульфидах рудных тел. Мантийные метки проявляются и в отношении ряда редких земель и несовместимых элементов – La/Nb, La/Sm, Nb/Y, Zr/TiO₂ [2, 5].

Итак, формирование наиболее крупных золоторудных комплексных золотоплатиноидных месторождений происходило при активном участии глубинных металлоносных магмо-термофлюидодинамических систем как продуктов плюм-тектоники, палеодиапиризма и глубинного метасоматизма. Используя указанные геолого-геохимические показатели, нами ранее были открыты существенные концентрации платиновых металлов среди ряда золоторудных полей Сибири, Казахстана и Урала [3].

Работа выполнена при финансовой поддержке госиздания «Наука», № 1.1312.2014.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Воробьев, А. А.** Равновесие и преобразование видов энергии в недрах [Текст] / А. А. Воробьев. – Томск : Изд-во ТГУ, 1980. – 212 с.
2. **Коробейников, А. Ф.** Мантийно-коровые рудообразующие системы, контролирующие благородные металлы [Текст] / А. Ф. Коробейников, Ю. С. Ананьев, А. И. Гусев. – Томск : Изд-во ТПУ, 2012. – 262 с.
3. **Коробейников, А. Ф.** Платинометалльные месторождения мира. Т. III. Комплексные золото-редкометалльно-платиноидные месторождения [Текст] / А. Ф. Коробейников. – М. : Научный мир, 2004. – 236 с.
4. **Коробейников, А. Ф.** Поведение золота при формировании зональных дайковых тел габбро-диабазов [Текст] / А. Ф. Коробейников, Е. И. Черняева // Докл. АН СССР. – 1987. – Т. 292, № 3. – С. 680–684.
5. **Коробейников, А. Ф.** Факторы мантийно-корового взаимодействия в магмогенных флюидах рудогенерирующих систем [Текст] / А. Ф. Коробейников, А. И. Гусев // Изв. ТПУ. Науки о Земле. – 2009. – Т. 315, № 1. – С. 11–18.
6. **Обручев, В. А.** Пульсационная гипотеза геотектоники [Текст] / В. А. Обручев // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1940. – № 1. – С. 12–29.
7. **Олейников, Б. В.** Глубинные метасоматические ассоциации в интрузивном кимберлите



[Текст] / Б. В. Олейников // Отечественная геология. – 1998. – № 6. – С. 51–54.

8. **Олейников, О. Б.** Основные геохимические тенденции золота при эволюции базитовых расплавов в глубинных условиях [Текст] / О. Б. Олейников, А. Ф. Коробейников // Вопросы рудоносности Якутии. – Якутск : ИГЯФ СО АН СССР, 1974. – С. 78–89.

9. **Усов, М. А.** Геотектоническая теория саморазвития материи Земли [Текст] / М. А. Усов // Изв. АН СССР. – 1940. – № 1. – С. 3–11.

10. **Шахов, Ф. Н.** Геология контактовых месторождений [Текст] / Ф. Н. Шахов. – Новосибирск : Наука, 1976. – 132 с.

11. **Шахов, Ф. Н.** К поискам золота в Горной Шории [Текст] / Ф. Н. Шахов // Развитие идей Ф. Н. Шахова в рудной геологии и геохимии – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1998. – С. 31–42.

12. **Шахов, Ф. Н.** Магмы и руды. Избранные статьи [Текст] / Ф. Н. Шахов. – Новосибирск : ОИГГМ СО РАН, 1994. – 315 с.

© А. Ф. Коробейников, 2014