



КОМПЛЕКСНЫЕ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИЕ ЭНДОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ФЛЮИДНО-МАГМАТИЧЕСКИЕ РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ С МНОГОМЕТАЛЛЬНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИЕЙ

Ю. Г. Сафонов

Рассматривается состояние разработанности проблемы комплексных золотосодержащих месторождений, ее генетической составляющей и прикладного значения. Обоснована целесообразность отнесения к комплексным месторождениям таких, в которых концентрации в рудах нескольких металлов не ниже, чем в мелких и средних месторождениях каждого из этих металлов. Обосновывается выделение моно-, би- и полиметалльных собственно рудообразующих (отраженных в минеральных системах месторождений) и рудогенерирующих флюидно-магматических систем, определяющих зарождение первых.

Ключевые слова: месторождения золотосодержащие, рудообразующие системы, полиметалльная специализация.

GOLD-CONTAINING ENDOGENOUS MULTIMETAL DEPOSITS AND FLUID-MAGMATIC ORE FORMING SYSTEMS WITH MULTIMETAL SPECIALIZATION

Yu. G. Safonov

The current state of the problem of gold-containing multimetal deposits, its genetic aspect and applied relevance in particular is considered. The advisability of defining a multi-metal ore deposit as one containing ores of several metals in a small to medium size deposit volumes of each metal is substantiated. The delineation of mono-, bi- and multi-metal ore-forming proper (reflected in the mineral assemblages of ore deposits) and ore-generating fluid-magmatic systems guiding the origin of the former is also substantiated.

Keywords: gold-containing ore deposit, ore-forming system, multimetal specialization.

Промышленные концентрации золота, как известно, содержатся не только в собственно золоторудных и традиционных золотосеребряных месторождениях, но и в золотоносных медно-порфировых и в колчеданных (VMS). Месторождения двух последних генетических типов характеризуются полиметалльной специализацией: Cu, Au±Mo±W±Ag, TR-Zn, Cu, Pb, Au, Ag±TR. Обычно золото и в магматических медно-никелевых (±Co) месторождениях. Значительно реже золото ассоциирует с Sn, W и U, образуя би- и полиметалльные месторождения. В конце XX в. было открыто трижды гигантское месторождение Олимпик Дэм, которое содержит более 30 млн т Cu, 1400 тыс. т U₃O₈ и 1200 т Au, а также более 1500 т Ag. Оно стало основой выделения особого типа месторождений – железоокисных золотомедных (IOCG) [12], к которому относится значительная группа месторождений, хотя в большинстве их нет полного представительства главных металлов и/или их присутствия в промышленно значимых концентрациях, но есть ассоциация с магнетитом или гематитом.

Другую категорию золотосодержащих месторождений представляют собой скарновые магнетитовые и некоторые полиметаллические, а также вольфрамовые, в которых золото – сопутствующий металл, далеко не всегда суммарно отвеча-

ющий мелким месторождениям золота. В последние годы как комплексные нередко рассматриваются собственно золоторудные месторождения, содержащие промышленно значимые концентрации W, Bi, Te и других металлов, извлечение которых возможно при соответствующей технологии. Их отнесение к комплексным представляется недостаточно корректным. Изучение и потенциальная оценка минерализации, сопутствующей основной, является важной, особенно если связана с ассоциациями Au, Ag, МПГ, редких элементов (как легирующих, так и Te, Bi) в известных золотоносных провинциях России [4].

Состояние проблемы связи месторождений золота с магматизмом

В истории разработки этой проблемы отечественные исследователи выделяют два этапа. Первый этап – основной, получивший название «золотой век советской геологии», связан с именами В. А. Обручева, С. С. Смирнова, Ю. А. Билибина, а кроме того, И. Ф. Григорьева, В. М. Крейтера, Ф. Н. Шахова, прошедших тяжелые испытания послевоенного «дела геологов СССР». Ф. Н. Шахов, как и В. М. Крейтер, реабилитированные в 1954 г., смогли внести значительный вклад в «золотой век» посредством подготовки высококвалифицированных кадров и научных работ. Научные интересы Ф. Н. Шахова охватывали различные проблемы геологии золоторудных место-

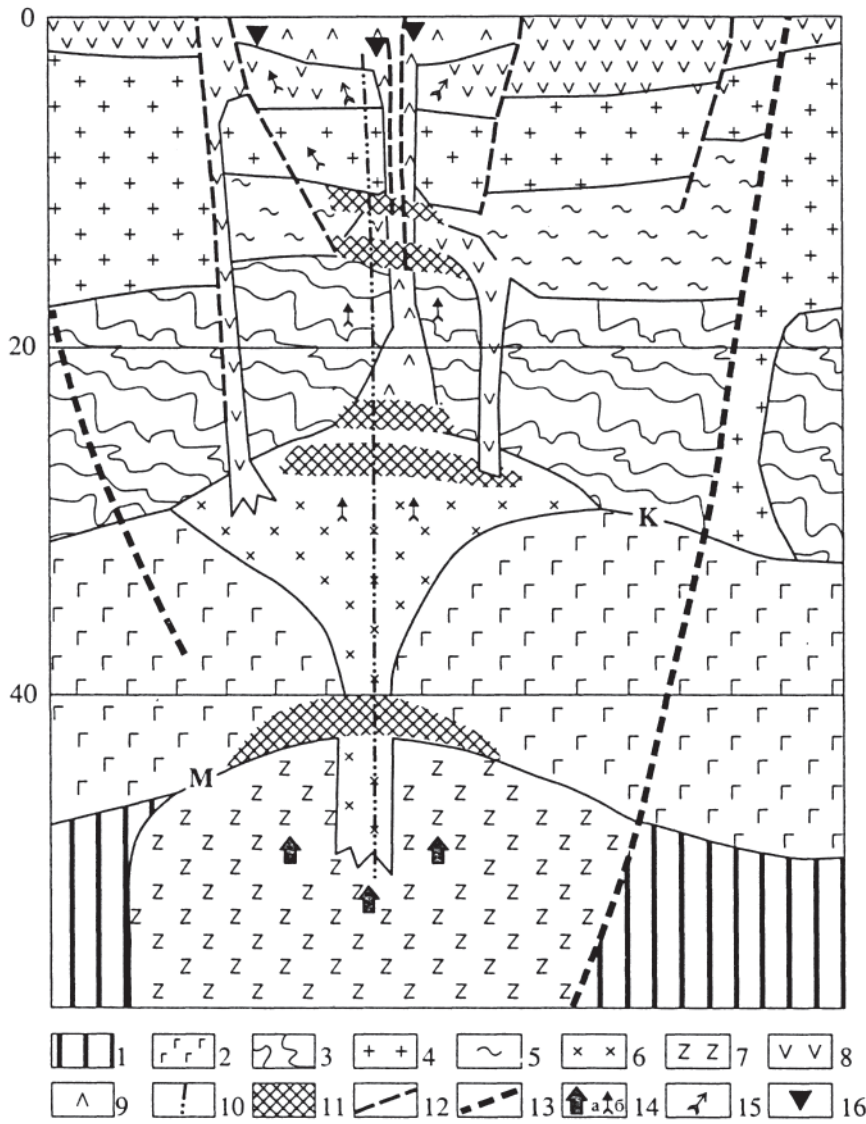


Схема-модель Адрасман-Каниманурской рудогенерирующей системы (разрез)

1 – мантия, М – граница Моховичича; 2 – базальтовый слой, К – граница Конрада; 3 – кристаллическое основание; 4 – гранитоиды караиманурского комплекса (C_2); 5 – комплекс раннегерцинских – каледонских пород; 6 – область флюидно-магматического преобразования гранитоидного и базальтового слоев; 7 – глубинный мантийный диапир; 8 – андезиты, андезито-дациты; 9 – риолиты, липариты; 10 – дайковый пояс; 11 – области зарождения рудообразующих систем; 12 – зоны верхнекорových разломов; 13 – глубинные разломы; 14 – пути миграции флюидов: а – трансмагматических, б – коровых; 15 – область миграции вадозных вод; 16 – месторождения

рождений, в том числе их связь с коровым магматизмом [8, 9]. Эти вопросы оставались особенно актуальными в течение прошлого столетия в связи с медленным прогрессом в познании геохимии золота, его поведения в разнородных магматических и гидротермальных процессах. Ф. Н. Шахов предполагал, что геохимическую специализацию на золото коровые магматические комплексы наследуют от «поглощаемых» ими осадочных и вулканических комплексов пород [9]. Он считал, что «горячие» рудоносные растворы могли возникать и под тепловым влиянием гранитов на эти комплексы. Изучая месторождения Красноярского края, Кузнецкого Алатау, Ф. Н. Шахов не видел определяющей роли диоритового магматизма, показанной Ю. А. Билибиным на примере месторождений Центрального Алдана и Северного Казахстана, но принципиально соглашался с его представлениями. В настоящее время проблема соотношений рудных месторождений с магматизмом воспринимается как охватывающая широкий диапазон разнообразных геодинамических процессов в соответствии с концепциями литосферных плит и мантийных плюмов [1].

Геоструктуры земной коры характеризуются развитием определенных магматических систем, отраженных как в ассоциациях и формациях магматических пород, так в геохимической специализации последних, знание о которой все еще, к сожалению, весьма ограничено. Геоструктуры различаются по металлогенической специализации, выраженной в приуроченности к ним рудных месторождений определенных типов. Наиболее ярко такая специализация проявилась в развитии фанерозойских медно-порфировых ($\pm Au$, Mo) месторождений в вулканических поясах (островодужных, окраинно-континентальных), колчеданных (Zn, Cu, Pb, Ag, Au) месторождений – в вулканических дугах, в связи с субмаринным магматизмом [10, 13, 14]. Складчатые пояса характеризуются в равной мере специализацией на редкие и цветные металлы, а также на золото – с золото-кварцевым, золотосульфидно-кварцевым и скарновым типами месторождений. Гидротермальные месторождения золота в этих геоструктурах, как и в докембрийских зеленокаменных поясах, были отнесены в конце XX в. к орогенным – гидротермальным – метаморфогенным [11]. Эта концепция



широко распространена, хотя в начальной стадии становления, по существу, противопоставлялась концепции о связях золоторудных месторождений с интрузивным магматизмом. Позже среди орогенных месторождений золота стали выделяться ассоциированные с палингенным и анатектическим магматизмом, как и с проявлениями анорогенного магматизма в стабилизированных областях (например, Олимпик Дэм, возраст которого 1600 млн лет) [12]. Оно расположено в северо-восточном блоке кратона Гаулер, где локализованы также рядовые месторождения со сходной, но редуцированной специализацией (Cu, Au, U-Cu, Au-Ag-Cu). Формирование здесь месторождений некоторые исследователи связывают с проявлением плюма, возможно, повлиявшего и на специфику рудоносности соседних восточных блоков, в которых локализованы известные месторождения провинции Куранама (Брокен Хилл и др.) и небольшие месторождения урана.

Концепция своеобразия металлогении крупных изверженных провинций (LIP), связанных с мантийными плюмами, в последние годы активно развивается. Наиболее полно различные характеристики «плюмовой» металлогении показаны на примерах пермо-триасовых плюмов Евразии [7]. В этой концепции ареально-очаговая локализация комплексных месторождений и ассоциаций месторождений определенных металлов (Ni-Co-As-Ag-U, Au и Au-As, Au-Sb-Hg) связывается с проявлениями базитового, щелочно-базитового и гранитоидного магматизма. Представления о металлогенической значимости мантийных плюмов наиболее конкретны среди общих положений о мантийно-коровом взаимодействии как о факторе геохимической-металлогенической специализации определенных геоструктур. Такое взаимодействие в различных формах отмечено в Восточном Забайкалье, на Алданском щите, где в течение мезозойской тектономагматической активизации проявились «локальные» плюмы. С ними связаны комплексные месторождения редких и цветных металлов (W, Mo, Au-Pb, Zn, Ag, Au), а также U-Mo-Re±Au, ассоциирующие с моно- и биметалльными месторождениями U, Au, Au-Ag, F.

В общих представлениях о связях золоторудных и золотосодержащих месторождений с магматизмом остаются дискуссионными вопросы металлогенической роли докембрийского магматизма, особенно позднеархейского, исключительного в металлогении золота.

Флюидно-магматические рудогенерирующие и рудообразующие системы

Рудообразующими системами автор считает те, конечным продуктом которых является минеральная система, представленная на месторождении. Рудогенерирующая система создает рудоносные флюидные потоки, приводя к образованию одной или нескольких одинарных рудо-

образующих систем, отраженных в образовании месторождения, рудного поля, узла. Геохимическая специализация рудогенерирующих систем выражена как в конкретных месторождениях, так и в их ассоциациях. Среди имеющихся данных по приобретению системами геохимической специализации выделяются исследования состава флюидных включений в гранитоидных и базальтоидных породах. В результате определены три типа флюидов, из которых наиболее металлоносны гетерофазные [6], обладающие повышенной экстракционной способностью, дифференцированной для разных фаз и металлов в зависимости от концентраций элементов в расплавах. Для золоторудных и золотосодержащих гидротермальных месторождений очевидна преимущественная связь со сложными системами, которые развиваются при функционировании разноглубинных магматических очагов. Такие системы отражены в пространственных связях золоторудной минерализации и малых интрузий (даек) при различных их возрастных соотношениях. Преимущественно парагенетические связи золотосодержащих месторождений с проявлениями интрузивного магматизма отражены в различных геодинамических обстановках. Целевого изучения заслуживают рудогенерирующие системы в ураноносных блоках, вмещающих урановые и комплексные месторождения не только типа IOCG, но и золотоурановые, а также комплексные так называемой пятиэлементной формации (Ni, Co, Bi, Ag, U), рассмотренные для Центрально-Европейской LIP [7].

Повышенные содержания радиоактивных элементов в ураноносных блоках определяют аномативные (нестандартные) тренды дифференциации глубинного магматического вещества в связи с аномальностью теплового режима, обусловленного теплом радиоактивного распада и теплофизическим воздействием радиоактивного излучения на минеральную среду. Эти представления, развивающие идеи В. И. Вернадского [2] и разработанные в сотрудничестве с Н. П. Лавровым и Д. В. Рундквистом, позволяют понять своеобразие комплексных рудных гигантов и металлогеническое своеобразие ураноносных террейнов. Примером таких гигантов, кроме упомянутых, является эндогенное серебряное месторождение Большой Канмансур (50 тыс. т Ag). Серебро содержится в Pb-Zn рудах. Здесь представлены также Cu-Bi минерализация и флюоритовые руды. Месторождение содержит около 100 т золота [5]. При функционировании Адрасман-Канмансурской рудогенерирующей системы (см. рисунок) образовались также урановые месторождения Адрасман, Конторская зона, периферийные месторождения Cu, Bi, Pb-Zn и серия рудопроявлений этих металлов. Их образование связывается с Чаткало-Кураминским плюмом [3].

Приведенные данные позволяют сделать вывод о целесообразности отнесения к комплекс-



ным месторождениям тех, в рудах которых концентрации нескольких металлов не меньше, чем в мелких и средних месторождениях каждого из металлов. При таком подходе и рудообразующие системы разделяются по металлогенической – геохимической специализации. Особое внимание при поисково-оценочных работах следует уделить ураноносным блокам земной коры, характеризующимся признаками проявления плюмового магматизма. Восточное Забайкалье и Центральный Алдан относятся к таким блокам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Богатиков, О. А.** Магматизм, тектоника, геодинамика Земли: связь во времени и пространстве [Текст] / О. А. Богатиков, В. И. Коваленко, Е. В. Шарков. – М. : Наука, 2010. – 606 с.
2. **Вернадский, В. И.** Труды по радиогеологии [Текст] / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1977. – 319 с.
3. **Далимов, Т. Н.** Модель развития Чаткало-Кураминского плюма [Текст] / Т. Н. Далимов // Матер. науч. конф., посвящ. 70-летию института и 95-летию акад. Х. Абдуллаева. – Ташкент : Изд-во ФАН АНРУ, 2010. – С. 106–110.
4. **Коробейников, А. Ф.** Комплексные месторождения благородных и редких металлов [Текст] / А. Ф. Коробейников // Томск : Изд-во ТПУ, 2006. – 327 с.
5. **Многометалльное** (Ag, Pb, U, Cu, Bi, Zn, F) Адрасман-Канимансурское рудное поле (Таджикистан) и его рудообразующая система: II – физико-химические, геохимические и геодинамические условия развития [Текст] / Ю. Г. Сафонов, Н. С. Бортников, Т. М. Злобина [и др.] // Геология рудных месторождений. – 2000. – Т. 42, № 4. – С. 350–362.
6. **Состав** магматогенных флюидов, факторы их геохимической специализации и металлоносности [Текст] / А. С. Борисенко, А. А. Боровиков, Л. М. Житова, Г. Г. Павлова // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, № 12. – С. 1308–1325.
7. **Термохимическая** модель пермтриасовых плюмов Евразии как основа для выявления закономерностей формирования и прогноза медно-никелевых, благородных и редкометалльных месторождений [Текст] / Н. Л. Добрецов, А. С. Борисенко, А. Э. Изох, С. М. Жмодик // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 9. – С. 1159–1187.
8. **Шахов, Ф. Н.** О происхождении гранитных магм и рудных месторождений [Текст] / Ф. Н. Шахов // Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. – М. : Наука, 1960. – С. 142–150.
9. **Шахов, Ф. Н.** Принципы систематики эндогенных рудных месторождений [Текст] / Ф. Н. Шахов // Геология и геофизика. – 1962. – № 10. – С. 114–131.
10. **Cooke, D. R.** Giant porphyry deposits: characteristics, distribution and tectonic controls [Text] / D. R. Cooke, P. Hollings // Economic geology. – 2005. – Vol. 100. – P. 801–818.
11. **Groves, D. I.** The crustal continuum model for late Achaean lode-gold deposits of the Yilgarn block, Western Australia [Text] / D. I. Groves // Mineralium Deposita. – 1993. – Vol. 28. – P. 366–374.
12. **Iron Oxide Copper-Gold deposits: geology, Space-time distribution, and possible modes of Origin** [Text] / P. J. Williams, M. D. Barton, D. A. Jonson [et al.] // Economic geology. – 2005. – Vol. 100th Anniversary. – P. 371–405.
13. **Sillitoe, R. H.** Porphyry Copper Systems [Text] / R. H. Sillitoe // Economic geology. – 2010. – Vol. 105. – P. 3–41.
14. **The gold content of volcanogenic massive sulfide deposit** [Text] / P. Mercier-Langevin, M. D. Hannington, B. Dube, V. Becu // Mineralium Deposita. – 2011. – Vol. 46, N 5–6. – P. 509–540.