

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

Ю.Г. Сафонов

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, 119017, Москва,
Старомонетный пер., 35*

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 менее, 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.

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.

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: 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 – железоксидных золотомедных (IOCG) [14], 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 отвечающий 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, безусловно, полезной и важной, особенно если связана с ассоциациями Au, Ag, МПГ, редких элементов (как легирующих, так и Te, Bi) в известных золотоносных провинциях России [6].

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 месторождений, 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 вероятным их существованием. В настоящее время проблема связей рудных месторождений с магматизмом воспринимается как охватывающая широкий диапазон таких связей, обусловленный различиями 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, 12, 13]. Складчатые пояса характеризуются в равной мере специализацией на редкие и цветные металлы, в частности на золото – с золотокварцевым, 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 мнению о связях золоторудных месторождений с интрузивным магматизмом. Позже среди орогенных месторождений золота стали выделяться связанные с палингенным и анатектическим магматизмом – с проявлениями анорогенного магматизма в стабилизированных областях, как, например, Олимпик Дэм, возраст которого 1600 млн лет [14]. 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 Брокен Хилл 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 пермотриасовых плюмов Евразии [5]. 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 связываются 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 \pm 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 рудообразующих 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 [2], 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 ЮСГ, но и золотоурановые, а также комплексные так называемой пятиэлементной формации (Ni, Co, Bi, Ag, U), рассмотренные для Центрально-Европейской ЛП [5].

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 [3] и разработанные в сотрудничестве с Н.П. Лаверовым 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 Канимансур (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 [7]. При функционировании Адрасман-Канимансурской рудогенерирующей системы (см. рис. 1) 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 [4]. Приведенные данные позволяют сделать вывод о целесообразности отнесения к комплексным месторождениям тех, в рудах которых концентрации нескольких металлов не меньше, чем в мелких и средних месторождениях каждого из металлов. При таком подходе и

рудобразующие 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.

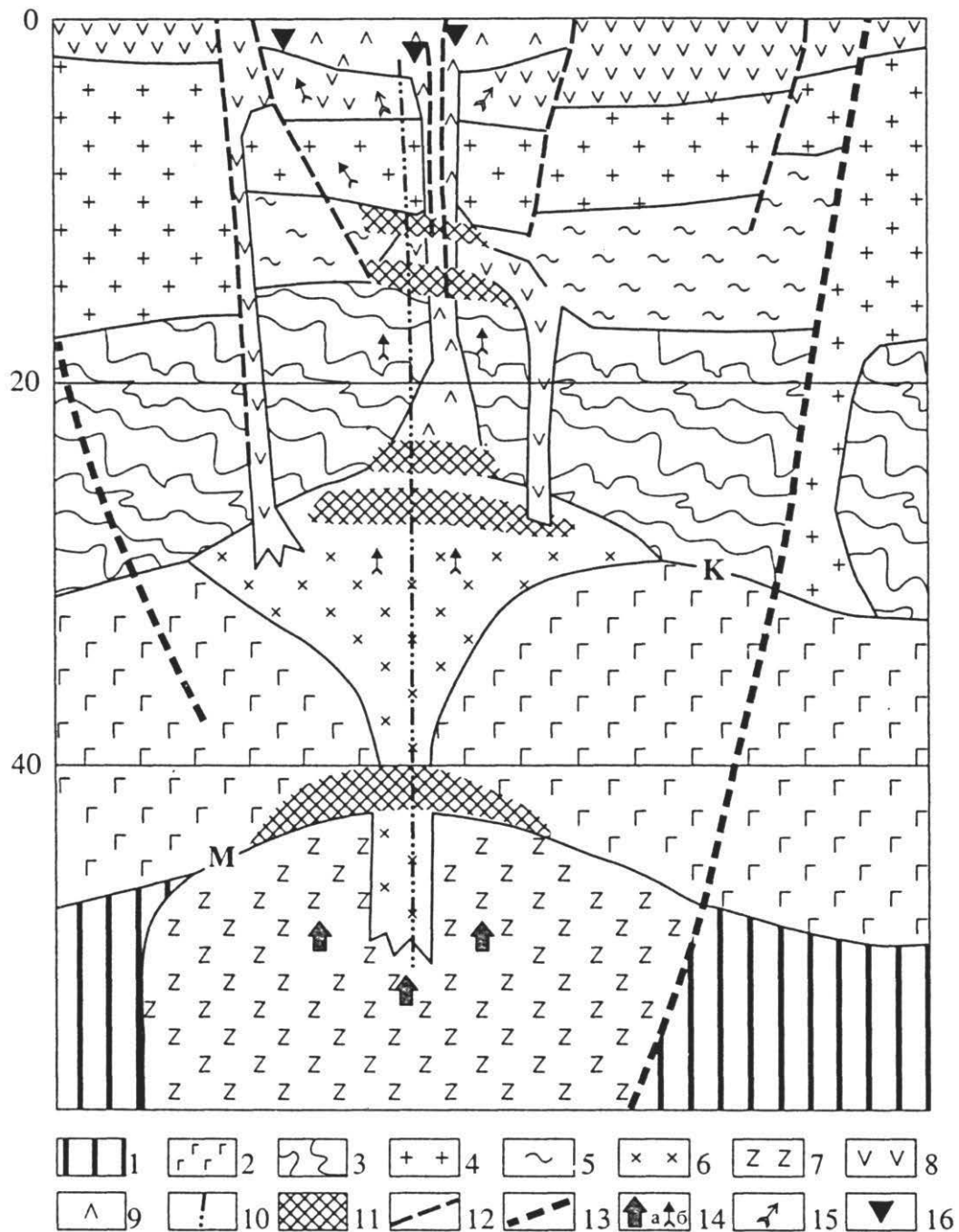


Рис. 1. Схема-модель Адрасман-Канимансурской рудогенерирующей системы (разрез).
 1 – мантия, М – граница Мохововичича; 2 – базальтовый слой, К – граница Конрада; 3 – кристаллическое основание; 4 – гранитоиды карамазарского комплекса (C₂); 5 – комплекс раннегерцинских – каледонских пород; 6 – область флюидно-магматического преобразования гранитогнейсового и базальтового слоев; 7 – глубинный мантийный диапир; 8 – андезиты, андезитодациты; 9 – риолиты, липариты; 10 – дайковый пояс; 11 – области зарождения рудобразующих систем; 12 – зоны верхнекоровых разломов; 13 – глубинные разломы; 14 – пути миграции флюидов: а – трансмагматических, б – коровых; 15 – область миграции вадозных вод; 16 – месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

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