

МЕТАЛЛОГЕНИЯ И РУДООБРАЗОВАНИЕ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ ЗОЛОТА

Ю.Г. Сафонов, В.В. Попов, А.В. Волков, Т.М. Злобина, И.В. Чаплыгин

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

Отмечая крупный вклад академика В.А. Кузнецова и Сибирской металлогенической школы в развитие металлогении, в статье рассматриваются закономерности размещения и образования месторождений золота. Анализ актуальных проблем металлогении золота отражает общие проблемы металлогении на современном уровне ее развития. В основу анализа положены представления о геолого-генетических типах месторождений золота и металлогенической специализации геодинамических—геотектонических режимов и обстановок. Охарактеризованы типы эндогенных—полигенных золоторудных и золотосодержащих месторождений, приуроченных к определенным обстановкам, среди которых выделены, помимо традиционных, интракратонные бассейны — впадины и разновозрастные области рифтогенной и плюмовой тектономагматической активизации.

*Металлогения, золото, месторождения, геолого-генетические типы, геодинамические режимы, геотектонические обстановки, активизация, специализация.*

TOPICAL PROBLEMS OF GOLD METALLOGENY

Yu.G. Safonov, V.V. Popov, A.V. Volkov, T.M. Zlobina, and I.V. Chaplygin

The Siberian metallogenic school of thought in general and Academician V.A. Kuznetsov in particular made a considerable contribution to metallogeny. To follow them, we consider regularities of location and formation of gold deposits. Analysis of topical problems of gold metallogeny reflects general problems of metallogeny at its state of the art. The analysis is based on concepts of geologo-genetic types of gold deposits and metallogenic specialization of geodynamic-geotectonic regimes and settings. The types of endogenic-polygenic gold ore and gold-bearing deposits restricted to certain settings are characterized, among which, in addition to traditional ones, intracratonic basins — depressions and heterochronous areas of rift and plume tectonomagmatic activity — are recognized.

*Metallogeny, gold, deposits, geologo-genetic types, geodynamic regimes, geotectonic settings, activity, specialization*

ВВЕДЕНИЕ

Содержание предлагаемой статьи объединяет два доклада авторов на международном совещании „Актуальные проблемы рудообразования и металлогении“ (Новосибирск, апрель, 2006), посвященном 100-летию со дня рождения академика В.А. Кузнецова — выдающегося ученого, одного из лидеров Сибирской металлогенической школы и российской металлогении в целом, внесшего большой вклад в изучение закономерностей размещения и образования месторождений Центральной Азии, в разработку учения о рудных месторождениях.

В.А. Кузнецов был одним из создателей нового направления исследований в рудной геологии — рудно-формационного анализа, естественное развитие которого привело к разработке генетических моделей рудных формаций, а затем к представлениям о рудообразующих системах и их моделях. Главными объектами непосредственного изучения для В.А. Кузнецова были ртутные месторождения. Месторождения золота затрагивались им в рамках общих металлогенических построений, а с большей детальностью — в рамках развития представлений о генетических сериях и рядах эндогенных рудных формаций [Кузнецов, 1988]. В.А. Кузнецов был одним из первых исследователей, показавших генетические связи гидротермальных месторождений золота не только с формацией гранитных и гранитоидных („пестрого состава“) магм, но и „с основными базальтоидными подкоровыми магмами“, в том числе с малыми интрузиями. Им была обозначена генетическая серия рудных формаций, связанных „с мантийно-коровыми смешанными магмами орогенных структур“. Среди этих формаций золото-висмут-теллуровая, золото-серебряная, обычно относимые к различным геологическим типам (к плутоногенным и вулкано-

генным — эпитермальным соответственно), а также золото-сульфидная и кварц-золоторудная, связанные „с самостоятельными малыми интрузиями основных магм поздних стадий развития орогенных структур“.

Радикальная смена тектонических парадигм в последние десятилетия внешне воспринимается многими исследователями как перечеркивающая металлогенические разработки, в том числе рудно-формационные, советской школы металлогении, теоретические основы которой созданы трудами С.С. Смирнова, Ю.А. Билибина, В.И. Смирнова, В.А. Кузнецова, А.Д. Щеглова и многих других замечательных геологов. Эти разработки базируются на огромном фактическом материале. Их значимость сохраняется, а востребованность будет возрастать по мере возрождения российской геологической службы, практически разрушенной в перестроечный период конца XX века, и восстановления научного обеспечения разномасштабных прогнозно-поисковых работ на современном научно-методическом и аналитическом уровнях.

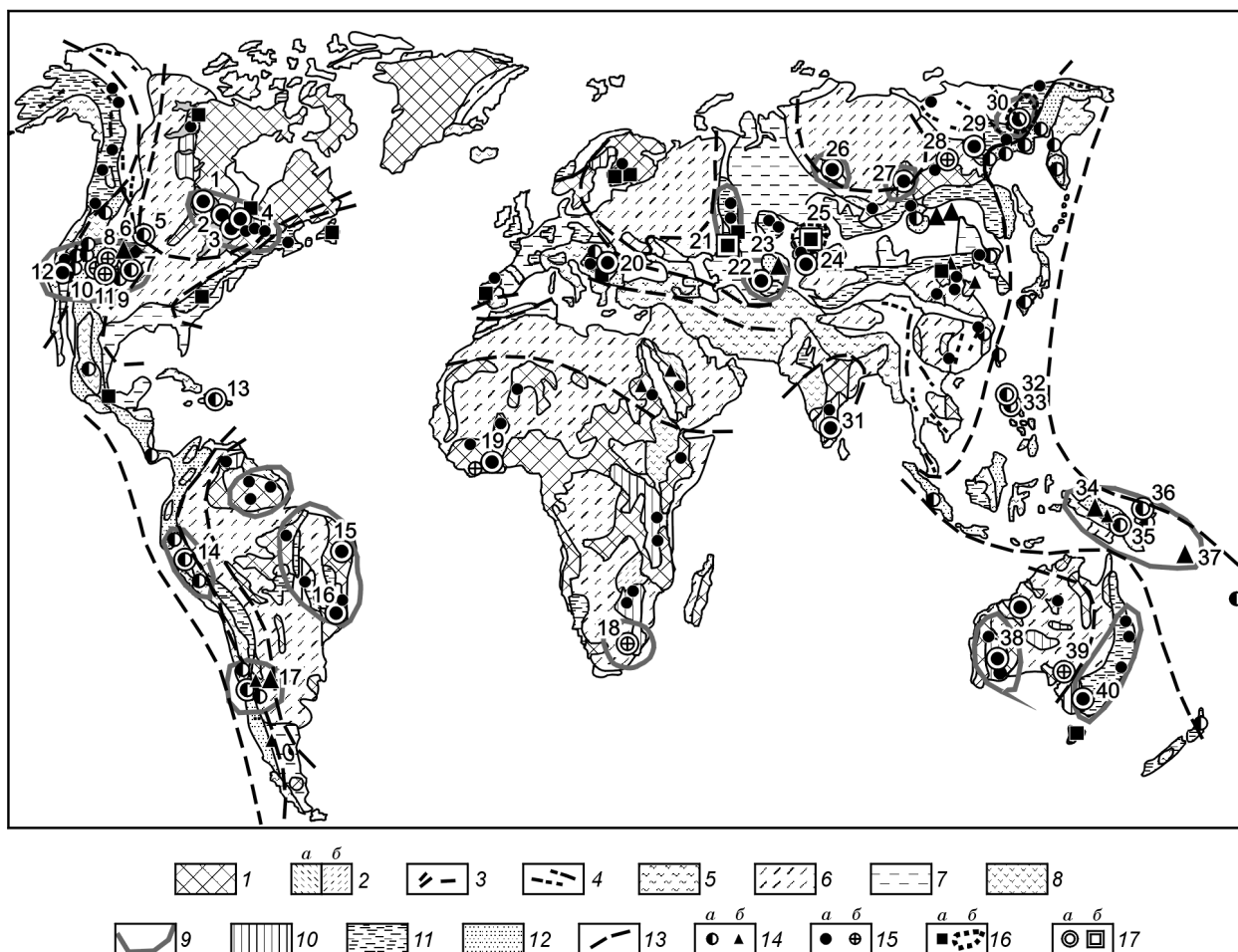
Развитие концепций тектоники литосферных плит и глубинной геодинамики, в которых особое значение для металлогенических построений имеет теория мантийных плюмов, привело к новым интерпретациям ранее выявленных закономерностей размещения и образования рудных месторождений. Одним из самых значимых теоретических выводов при этом стало признание важнейшей роли мантийных процессов в образовании рудных концентраций, а также многообразия форм и механизмов корово-мантийного взаимодействия, определяющего масштабность и специализацию этих концентраций. На это указывали ранее В.А. Кузнецов [1975, 1988] и другие исследователи. В настоящее время металлогеническое направление в российской геологии находится в переходной стадии. Реальное геологическое знание по одной шестой—одной седьмой части континентальной Земли определяет критические подходы многих геологов к новым мировым теоретическим концепциям как в геодинамике, так и в металлогении. Такие подходы в геодинамических исследованиях уже на ранней стадии становления плейт-тектонической теории привели к сохранению представлений о важнейшей роли рифтогенеза в формировании земной коры и ее металлогении (А.Д. Щеглов и др.), к ускоренному развитию концепций мантийных плюмов [Добрецов, Кирдяшкин, 1994, 2000]. Металлогеническое значение плюмов еще во многом не раскрыто. В Сибирской металлогенической школе более интенсивно, чем в других научных центрах страны, металлогеническое районирование переводится на новую геодинамическую основу. При этом все большее значение приобретают представления о металлогении террейнов, зачастую выделяемых без должного обоснования. Проблем в металлогенических и в геодинамических исследованиях остается много. Часть из них обнажается при анализе закономерностей размещения месторождений золота.

#### РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА, ИХ ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ

Золото относится к числу тех металлов, открытия новых месторождений которых осуществлялись в последние 50—60 лет наиболее часто, включая выявление новых типов месторождений и новых золотоносных провинций. Интенсивно проводятся исследования этих месторождений и золотоносных территорий, что позволяет на примере золота оценить общее состояние металлогенической теории и показать современные представления о металлогении золота, как в нашей стране, так и за рубежом.

Месторождения золота, очевидно, являются наиболее распространенными среди эндогенных рудных месторождений, охватывая большинство их генетических классов, выделенных В.И. Смирновым [1976], за исключением кимберлитов, карбонатитов и апогранитов. Общее число месторождений с запасами от 1 т золота явно превышает 2000. Это количество является приближенным [Singer, 1995]. В связи с тем, что динамика геолого-разведочных работ на золото, как отмечено выше, очень высока, переход многочисленных рудопроявлений или мелких месторождений в разряд „учитываемых“ (от 1 т) прослеживается с малой определенностью. Можно отметить, что только в Китае число золоторудных объектов составляет более 3000. Значителен прирост таких объектов в Южной Америке, в ряде регионов Африки и в других провинциях.

Как известно, общее количество добытого золота уже превысило 150 тыс. т, из которых одна треть произведена из руд бассейна Витватерсранд. На этот уникальный бассейн приходится более трети мировых запасов золота, оцениваемых в 70—80 тыс. т. Остальное золото добыто в основном на месторождениях различных геолого-генетических типов: в значительных соизмеримых количествах — на жильных месторождениях в докембрийских зеленокаменных областях, в фанерозойских складчатых поясах, в мезокайнозойских вулканических поясах и из молодых россыпей, а также из полиметаллических и медно-никелевых месторождений с извлечением золота, являющегося попутным компонентом. Следует напомнить, что первое золото в России, как и серебро, было получено при переработке полиметаллических руд алтайских и забайкальских месторождений. С середины прошлого века стала возрастать роль в производстве золота медно-порфировых месторождений, в настоящее время лидирующих в мировой добыче золота. Значительным стал вклад в производство золота месторождений карлинского типа, открытых в США только в 1960-е годы, и в эти же годы — месторождений Мурунтау (Узбекистан), а позже — других того же типа, залегающих в терригенных толщах и представленных крупными объемами



**Рис. 1. Распространение крупных ( $\geq 100$  т) и сверхкрупных ( $\geq 500$  т) золоторудных и золотосодержащих месторождений. Оконтурированы провинции и области с суммарной золотоносностью более 1000 т:**

1 — шиты; 2—4 — подвижные пояса: 2 — протерозойские: южно-американский (а) и африканский континент (б), 3 — палеозойские, 4 — мезозойские; 5 — кайнозойские вулканические пояса, складчатые пояса; 6 — осадочный чехол древних платформ; 7 — осадочный чехол постпалеозойских платформ; 8 — крупные вулканические поля; 9 — границы кристаллических массивов; 10—12 — основные пояса и области развития месторождений различного возраста: 10 — позднеархейского—раннепротерозойского, 11 — палеозойского—мезозойского, 12 — мезозойского—кайнозойского; 13 — контуры металлогенических провинций; 14—16 — крупные месторождения: 14а — эпитермальные, 14б — медно-порфировые, 15а — мезогипотермальные, 15б — золотосодержащие конгломераты (№ 18) типа Карлин (№ 8—11) и Олимпик Дэм (№ 39), 16а — колчеданные, 16б — золотосодержащие районы; 17 — сверхкрупные месторождения указанных выше типов (14—16): 1 — Ред Лейк, 2 — Хемло, 3 — Керкленд-Лейк, 4 — Поркьюпайн, 5 — Хоумстейк, 6 — Бингхем, 7 — Крипл-Крик, 8 — Пост-Бетце, 9 — Голд Квари, 10 — Голд Страйк, 11 — Твин Крикс, 12 — Мазер Лод, 13 — Пуэбло Вьехо, 14 — Янакоча, 15 — Фазенда Бразильеро, 16 — Мору-Велью, 17 — Бадже де ла Алумбрера, 18 — Витватерсранд, 19 — Ашанти, 20 — Рошия Монтана, 21 — Гайское, 22 — Мурунтау, 23 — Алмалык, 24 — Кумтор, 25 — Рудно-Алтайские, 26 — Олимпиада, 27 — Сухой Лог, 28 — Центрально-Алданский район, включая Элькон, 29 — Нежданское, 30 — Колымский район, 31 — Колар, 32 — Лепонто, 33 — Фор Саутист, 34 — Грасберг, 35 — Поргера, 36 — Лэдолэм, 37 — Пангуна, 38 — Калгурли, 39 — Олимпик Дэм, 40 — Бендигго.

прожилково-вкрапленных руд. С этими типами месторождений связана значительная часть запасов золота, прежде всего, в нашей стране, остающейся в числе стран, имеющих наиболее значительные запасы и прогнозные ресурсы.

Основное количество золота добыто в XX веке, на протяжении которого его годовое производство выросло с 500 до 2500 т. Большая часть извлечена из крупных месторождений (70—80 %) с первичными запасами более 100 т. Распространенность сверхкрупных ( $\geq 500$  т) золоторудных и золотосодержащих месторождений, показанных на карте (рис. 1), отражает размещение основных золоторудных провинций, поясов и областей. В большинстве средние ( $\geq 20$  т) и крупные ( $\geq 100$  т) месторождения размещаются в тех же региональных тектонических структурах, в которых локализованы сверхкрупные и месторождения-гиганты ( $\geq 1000$  т).