

УДК 550.422

И. Г. МАГАКЬЯН

## ГЛОБАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕМНОЙ КОРЕ КОНТИНЕНТОВ

Концентрации главных металлических элементов в Земной коре континентов распределены крайне неравномерно, примером чего служат колоссальные по запасам месторождения железных руд КМА и Кривого Рога, Зап. Австралии, района Итабира в Бразилии, Верхнего Озера в США и Канаде, Центральных штатов Индии и др., олововольфрамоворудные районы Северо-Востока и Юго-Востока Азии и Боливии, медно-молибденоворудные районы Кордильер и Анд и Восточного Средиземноморья, золото-ураноносные конгломераты Витватерсранда (в ЮАР) и ряд других.

Условия образования крупных концентраций металлических элементов в Земной коре различны и связаны с эндогенными (магматогенными), экзогенными (осадочными главным образом) и метаморфогенными процессами. Можно отметить, что во многих случаях исходным веществом экзогенных и метаморфогенных концентраций металлов служат продукты разрушения, осадконакопления и последующего метаморфизма эндогенных их концентраций и, наоборот, эндогенные расплавы и рудоносные растворы заимствуют вещество руд из экзогенных или метаморфогенных концентраций металлов. Таким образом, имеет место замкнутый круговорот элементов в природных процессах.

Как для эндогенных, так и для экзогенных процессов минералообразования важное значение имеют вулканические эксгаляции, выносящие из магматических очагов огромные количества соединений *Fe*, *Mn*, *Al*, *Si* и др. элементов, образующих крупные эксгаляционно-осадочные (вулканогенно-осадочные) месторождения.

Масштабы концентрации и набор (ассоциация) металлов на отдельных участках Земной коры связаны с несколькими факторами: типом структуры и магматизма, историей геологического развития (интенсивностью проявления отдельных этапов развития), возрастом структуры и другими.

Глубинность формирования рудоносных магматических комплексов и тесно связанных с ними месторождений той же фации глубинности играет заметную роль в облике металлогении (типы месторождений, характер зональности и др.).

В Северо-Восточной и Юго-Восточной Азии, например, с относительно более глубинными кислыми гранитоидами связаны кварц-касситерит-вольфрамитовые, а дальше от интрузивов—полиметаллические и сурьмяно-ртутные месторождения; с гипабиссальными умереннокислыми гранитоидами этих же областей связаны сульфидно-касситеритовые

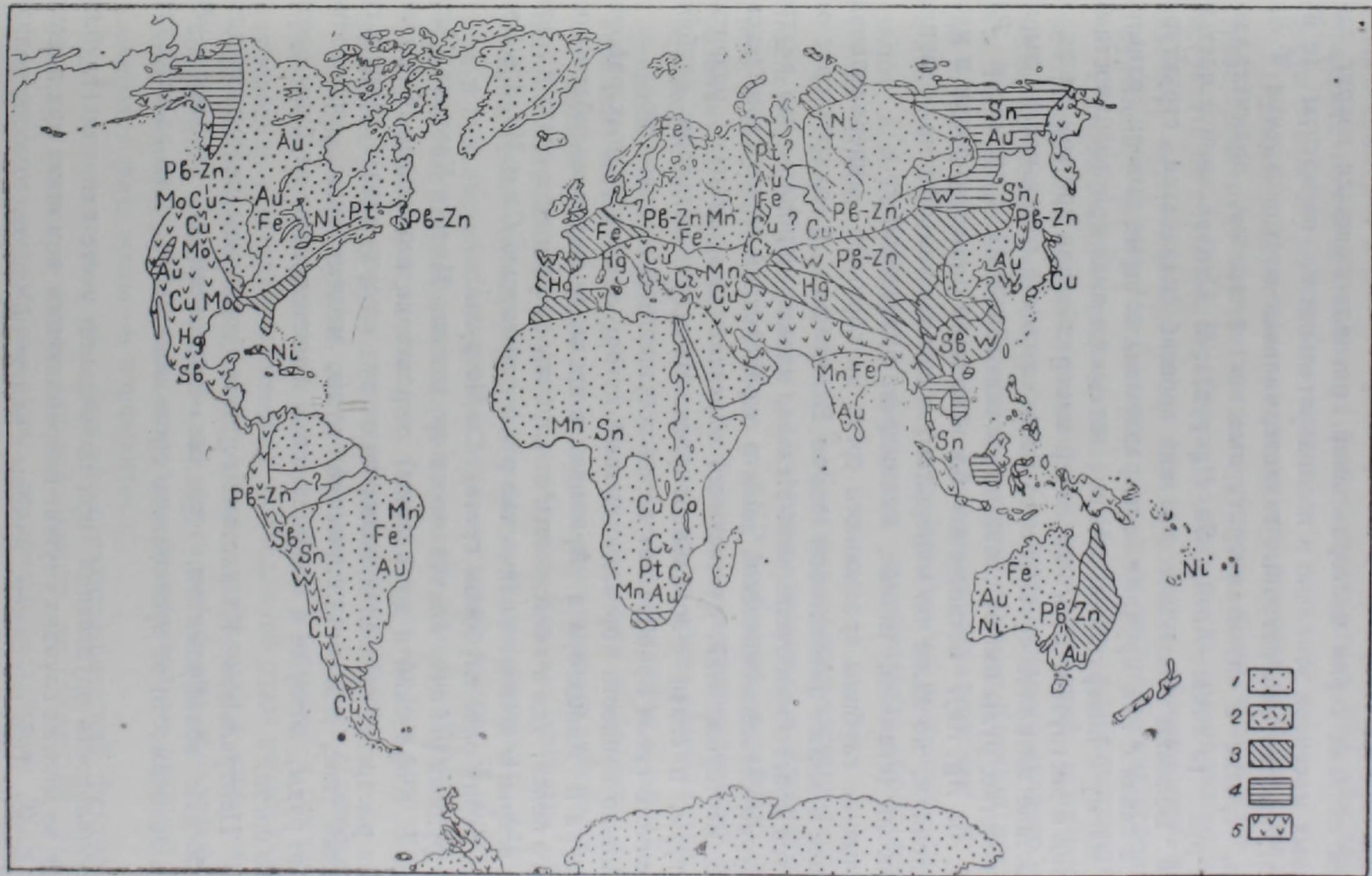


Рис. 1. Размещение крупных концентраций главных металлических элементов в земной коре. 1. Щиты и их платформы. 2. Складчатые зоны каледонского возраста. 3. Складчатые зоны герцинского возраста. 4. Складчатые зоны киммерийского возраста. 5. Складчатые зоны гэлийского возраста.

(в их числе оловянно-полиметаллические) месторождения, а с близповерхностными экстрюзиями кварцевых порфиров—небольшие скопления деревянистого касситерита. В Северной Боливии с глубинными гранитоидами связана серия месторождений, располагающихся вокруг интрузивных массивов зонально в последовательности: пегматиты (с *W*, *Sn*, *Mo*), высокотемпературные гидротермальные месторождения *W-Bi-Sn* руд, средне- и низкотемпературные месторождения полиметаллических руд (а также *Au-Ag*, *Sb*, *Hg* руд). В Центральной и частью Южной Боливии наблюдается резкий перегиб складчатой структуры Анд и в связи с ним крупные зоны разломов, которые вывели гранитоидную магму к поверхности, где она застыла в виде приповерхностных интрузий и экстрюзий. Здесь характер минерализации при том же валовом составе металлов существенно иной: явления зональности выражены нечетко, руды имеют сложный состав (*Sn-W-Bi* с примесью *Pb*, *Zn*, *Sb*, *Au*, *Ag*, *As*), металлы не обособлены не только по зонам и месторождениям, но даже по минералам, в связи с чем обычно развиты сульфосоли (станнин, тиллит, цилиндрит, франкеит и др.).

Влияние глубины эрозионного среза на характер минерализации, лежащее в основе батолитовой теории В. Эммонса, в его трактовке отвергается советскими геологами. Нельзя, однако, отрицать, что внутри структурно-металлогенической зоны и определенной серии (комплекса) рудных месторождений, отвечающей определенным этапам развития структуры, в связи с зональным расположением металлов, глубина эрозионного среза приобретает нередко существенное значение.

Можно привести хорошо знакомый автору пример рудных районов Зангезура и Айоцдзора в Армении, в пределах медно-молибденового рудного пояса, где в зависимости от глубины эрозионного среза в Айоцдзоре вскрыты полиметаллические руды с примесью *Си* и *Мо*, а в Зангезуре (при более глубоком срезе) *Си-Мо* руды.

В рудных районах колчеданного оруденения Малого Кавказа (Алавердский, Кафанский и др. районы) характерна вертикальная зональность в распределении следующих типов руд (сверху вниз): барит и гипогенный гипс, полиметаллические руды, медные руды, серноколчеданные руды, которые и обнажаются в зависимости от глубины эрозионного среза.

В Центральном Казахстане верхние горизонты кварцеворудных жил богаты вольфрамитом, средние—молибденитом, глубокие—убогие; в зависимости от эрозионного среза обнажается одна из этих трех зон.

Зональность оруденения при правильном учете влияния глубины эрозии во многих случаях служит направляющим моментом при поисках и разведке. Так, например, районы с вскрытой на поверхности полиметаллической минерализацией в пределах Айоцдзора и Зангезура перспективны на *Си-Мо* оруденение; участки с гипсом и баритом в пределах колчеданного пояса Малого Кавказа на глубину перспективны на полиметаллы, медь, серный колчедан; участки с кварц-вольфрамитом-

вым оруденением в Центральном Казахстане на глубину благонадежны в отношении молибденитовой минерализации. Можно привести еще много примеров подобного рода и подчеркнуть, что во многих случаях практика геологоразведочных работ подтвердила уже эти закономерности смены оруденения на глубину.

Однако, следует иметь в виду, что влияние глубины эрозионного среза действует внутри единого рудного комплекса и мало шансов встретить на глубоких горизонтах рудных полей колчеданного типа, например, медно-молибденное или тем более оловянно-вольфрамовое оруденение, которые характерны для иных геологических условий.

Литолого-стратиграфические особенности рудовмещающих толщ контролируют морфологический тип месторождений и интенсивность минерализации—все это, разумеется, внутри единого рудного комплекса. Так, медно-молибденное оруденение Малого Кавказа представлено в гранитоидных массивах прожилково-вкрапленным и частично жильным типами, в контактах с карбонатными породами—скарновым типом, а в дробленных порфиритах экзоконтакта—брекчиевидными *Си-Мо* рудами.

На Северо-Востоке Азии, в области развития песчанико-сланцевых толщ месторождения олова представлены жильным и штокверковым типом, а в Юго-Восточной Азии (в КНР особенно), в районах широкого развития карбонатных пород—скарновыми месторождениями сульфидно-касситеритовых руд. Интересно, что в обоих случаях для рудного процесса очень характерен бор—в форме турмалина в жилах и штокверковых зонах и в форме людвигита, аксинита и датолита—в скарнах.

Вполне закономерна локализация колчеданного (медного и барит-полиметаллического) оруденения Малого Кавказа главным образом в среднеюрской вулканогенной толще, а эпигенетических марганцевых руд в вулканогенно-осадочной верхнемеловой толще. В обоих случаях литолого-стратиграфический контроль оруденения обусловлен генетической связью минерализации с теми магматическими очагами, с которыми связаны как руды, так и вмещающие их толщи.

Морфология рудных тел находится в тесной связи с литологическим составом рудовмещающих пород: штоки массивной и брекчиевидной (последняя текстура реликтовая) колчеданной руды развивались метасоматически в кератофириновых брекчиях, штокверки и жилы—в плотных порфиритах и порфирах; гнезда марганцевых руд образовались метасоматически в карбонатных породах, брекчиевидные руды—в раздробленных туфах, жилы—в порфиритах.

Надо отметить, что литолого-стратиграфический фактор играет большую роль не только для эндогенного, но также для экзогенного (осадочного) рудообразования: осадочные оолитовые руды железа приурочены к терригенным прибрежным толщам главным образом юрского (Лотарингия) и третичного (Керчь) возраста, марганцевые руды—к прибрежным кремнистым осадкам третичного возраста (Никополь, Чиатура, Полуночное и другие месторождения), бокситовые ру-

ды—к перерывам в отложении карбонатных толщ (Красная Шапочка и др.).

Решающее значение имеет принадлежность участка Земной коры к одному из трех основных типов структур Земной коры (щитам, складчатым поясам или областям активизации), интенсивность отдельных этапов развития магматизма и минерализации, а также геологический возраст структуры.

Очевидно, что в различные этапы развития структур в связи со сменой типов рудоносных магматических очагов должны также закономерно сменяться и обособляться в пространстве связанные с ними типы месторождений. Можно ожидать, что глубинность формирования магматических и рудных комплексов, глубина эрозионного среза, литолого-стратиграфические особенности рудовмещающих толщ и, наконец, возраст рудоносной структуры также накладывают свой отпечаток на характер минерализации.

Важно подчеркнуть, что определенным типам структур и отдельным этапам их развития отвечают свои типы месторождений и комплексы рудных формаций, возникшие в специфичных геологических условиях и обладающие особенностями состава и определенным экономическим значением. Так, для щитов, сложенных метаморфическими и магматическими породами докембрийского возраста, характерны огромные концентрации метаморфогенных руд железа и марганца, метаморфизованных золото-ураноносных конгломератов и кварцитов, рутилоносных сланцев, а также эндогенных (гидротермальных) месторождений урана, золота и ликвационных медно-никелевых руд с примесью кобальта и платиноидов.

С эффузивами докембрия, часто рассланцованными, тесно связаны крупные колчеданные месторождения, вероятно, вулканогенно-осадочного генезиса (Оутокумпо, Болиден, Брокен-Хилл, Маунт-Айза, Флин-Флон, Шеррит-Гордон, Норанда, Сулливан и др.)—поставщики значительных количеств меди, цинка и свинца, а также попутно золота и серебра, кадмия, индия и других металлов.

Следует отметить, что исходным материалом метаморфогенных месторождений железа и марганца являются частью продукты разрушения пород континента, частью, вероятно, продукты интенсивно развитого эксгальциционно-осадочного процесса, связанного с древнейшим, протерозойским главным образом, вулканизмом.

Огромные масштабы концентраций золото-ураноносных конгломератов и кварцитов месторождений Витватерсранд, Блайнд-Ривер, Жакобина и др. связаны с размывом подстилающего эти районы архейского фундамента, в котором обильны эндогенные месторождения золотоносных кварцевых жил и ураноносных пегматитов. Наконец, ликвационные концентрации медно-никелевых руд теснейшим образом связаны с внедрением в докембрийские и более молодые, перекрывающие их толщи, массивов базитов-гипербазитов, магма которых богата сульфидами *Fe, Ni, Cu*, (а также *Co* и платиноидов).

Таблица 1

№№ ряда п/п	Перечень рудных формаций ряда	Геологическая позиция развития ряда	Области развития
1	2	3	4
I	Хромитовая, платиновая, титаномагнетитовая (алмазоносная)	Ранний этап развития складчатых зон Уральско-го типа; базиты-гипербазиты	Урал, М. Кавказ, Корьякское нагорье
II	Медно-никелевая сульфидная (с <i>Co</i> , <i>Pt</i> -оидами), магнезиоферритовая, карбонатитовая (с <i>Nb</i> , <i>Zr</i> , <i>TR</i> ), алмазоносная	Платформы и их активизированные участки; траппы, ультраосновные-щелочные комплексы и кимберлиты	Сибирская и др. платформы (Канадская, Ю. Африканская, Бразильская и др.)
III	Апатит-магнетитовая, апатитовая, лопаритовая	Активизированные участки фундамента щитов	Балтийский щит
IV	Редкометалльных пегматитов, грейзеновая ( <i>Sn-W-Mo-Be</i> ), золоторудная, полиметаллическая, стибнит-киноварная	Поздний этап развития складчатых зон Забайкальского типа; кислые граниты	Северо-Восток и Юго-Восток Азии, Казахская ССР
V	Рудоносных скарнов, медно-молибденовая, золото-сульфидная, полиметаллическая, стибнит-киноварная	Средние этапы развития складчатых зон Уральского и Среднеазиатского типов; умереннокислые гранитоиды	Кордильеры и Анды, Урал, Средняя Азия, М. Кавказ и С. Кавказ
VI	Колчеданная, кремнисто-железорудная, кремнисто-марганцевая	Ранние этапы развития складчатых зон Уральского типа; спилит-кератофиры и порфириды	Урал, Балканы, Кавказ—Закавказье
VII	Золото-серебряная, киноварь-стибнит-ферберитовая (шеелитовая), реальгар-аурипигментовая, оловянная риолитовая	Конечные этапы развития складчатых зон различных типов; экструзии фельзитов, риолитов, дацитов	Кавказ—Закавказье, Забайкалье, Кордильеры и Анды

1	2	3	4
VIII	Железистых и глиноземистых латеритов, силикатных руд никеля (часто с асболоном)	Кора выветривания ультраосновных пород, кислых и щелочных пород	Урал, Куба, Гвинея, Бразилия и др.
IX	Осадочная оолитовых руд железа и марганца, осадочная бокситовая	Прибрежные части геосинклинальных бассейнов, иногда озерных бассейнов на платформах	Керчь, Лотарингия ( <i>Fe</i> ), Никополь, Чиатура ( <i>Mn</i> ), Красная Шапочка, Тихвинское ( <i>Al</i> ) и др.
X	Метаморфогенных железных руд, марганцевых руд, золото-ураноносных конгломератов и кварцитов, метаморфических сланцев (с кианитом, силлиманитом, андалузитом, иногда рутилом)	Дскембрийский фундамент щитов Африки, Канады, Бразилии, Австралии, Индии, СССР, КНР и др.	Кривой Рог, КМА, Итабира, В. Озеро ( <i>Fe</i> ); Морро-да-Минас, Бихар ( <i>Mn</i> ); Витватерсранд, Блайнд-Ривер, Жакобина ( <i>Au, U</i> ); СССР, Мексика, (рутил, кианит и др.).

Рудные формации встречаются в природе не изолированно, а образуют естественные ряды (комплексы), возникшие близко одновременно, тесно взаимосвязанные и характерные для определенных типов рудных провинций.

Под рудной формацией обычно понимается группа рудных образований, объединенных общностью минерального состава, генетических особенностей, геологических условий проявления и сходным экономическим значением.

Оказывается, рудные формации, подобно тому, как это наблюдается для химических элементов и минералов, образующих соответственно ассоциации элементов и парагенезисы минералов, также группируются в ряды (комплексы), возникающие в определенной геологической обстановке—на той или иной стадии развития конкретных тектоно-магматических комплексов. Недавно автор сделал попытку выделения десяти таких рядов рудных формаций магматогенного, экзогенного и метаморфогенного типов, предложив следующую их классификацию (табл. 1).

Главный смысл выделения рядов рудных формаций автор видит в установлении таких их естественных сообществ, которые надлежит целеустремленно искать в определенной геологической обстановке, добиваясь выявления недостающих звеньев того или иного ряда.

Для складчатых поясов выделяются два типа минерализации:

а) Характерный для внутренних зон поясов, представляющих осевые части бывших геосинклиналей с океаническим типом подстилающей коры и господством основных-ультраосновных интрузивов в ранние этапы и умереннокислых гранитоидов в средние этапы развития этих структур.

В ранние этапы в связи с основным-ультраосновным магматизмом возникают крупные концентрации собственномагматических руд хромита, титаномагнетита, минералов группы платины, а также гидротермальных и эксгальционно-осадочных руд меди колчеданного типа; в средние этапы в связи с умереннокислыми гранитоидами образуются крупные месторождения скарновых руд железа и гидротермальные средне- и частью низкотемпературные месторождения медно-молибденовых, золото-сульфидных, полиметаллических, серебряных и ртутных руд.

Обычно области развития ранних и средних этапов совпадают, образуя такие характерные рудные пояса как Уральский, Кавказ-Закавказский, Балканский, Кордильер и Анд, Японии и др.

б) Характерный для внешних зон поясов, примыкающих к щитам и подстилаемых корой континентального типа с господством кислых гранитоидов позднего этапа развития. Здесь, в связи с кислыми гранитоидами развиты концентрации олово-вольфрамовых руд, молибдена (в ассоциации с вольфрамом, но без меди), золота, сурьмы, урана, свинца и цинка.

Обычно области развития позднего этапа разобщены от областей развития раннего и среднего этапов и обособляются пространственно в такие характерные рудные пояса, как Северо-Восток и Юго-Восток Азии, Центральный Казахстан, Боливия и др.

Исходя из локального развития металлогении позднего этапа, можно полагать, что проявление ее имеет место в особых тектонических условиях, в периоды максимальных напряжений в зонах прогибания и переплавления сиалической оболочки земной коры, сопровождающихся возникновением кислых гранитоидов и специфической минерализацией.

Для областей активизации щитов (вдоль рифтовых зон, линеаментов), срединных массивов и областей с завершенной складчатостью характерен щелочной и щелочной-ультраосновной, менее развит гранитоидный тип магматизма. Здесь интенсивно проявлены карбонатитовые месторождения (с огромными концентрациями *Nb*, *Ta*, *Zr*, *TR* и др.), а также значительные концентрации полиметаллических руд, золота, урана, ртутно-сурьмяных руд, флюорита.

В пределах щитов и их платформенных чехлов, рассеченных связанными с активизацией разломами, заполненными внедрениями ультраосновных-щелочных пород—кимберлитов располагаются крупные концентрации алмаза (Африканский, Бразильский, Индостанский, Сибирский и др. алмазоносные регионы); здесь же вдоль рифтовых зон и линеаментов с внедрением разновозрастных интрузий щелочных-ультраосновных массивов образуются карбонатиты (с концентрациями *Nb*, *Ta*, *Zr*, *TR* и др.).

Что касается активизированных срединных массивов и складчатых областей, для них характерны значительные концентрации олово-вольфрамовых, полиметаллических, сурьмяно-ртутных руд, а также золота, урана, флюорита. Примерами таких областей являются Месетта, Центрально-Французский, Армориканский, Богемский, Родопский и др. массивы.

Однотипные разновозрастные провинции характеризуются очень сходной минерализацией, а однотипные одновозрастные—почти аналогичной минерализацией, независимо от разделяющего их расстояния. Так, альпийская металлогения Камчатки и Корякского хребта с одной стороны и Малого Кавказа с другой имеют большое сходство. В то же время между одновозрастными, но разного типа провинциями, даже соседними (например, Чукотка и Камчатка, Боливия и Чили), имеются существенные различия в характере минерализации.

Структуры различного геологического возраста имеют свою специфику в отношении масштабов и интенсивности минерализации. Так, докембрийские структуры особенно богаты железом, золотом, ураном, никелем, платиноидами, титаном; палеозойские структуры очень богаты в одном случае хромом, платиноидами, медью, в другом—оловом, вольфрамом, ураном (в зависимости от типа минерализации); киммерийские структуры особенно богаты оловом, вольфрамом, сурьмой, золотом, а альпийские выделяются исключительным богатством их медью

и молибденом, серебром, ртутью, марганцем (последний в осадочном типе).

Территории с концентрацией определенных металлов группируются в рудные узлы или вытягиваются в виде рудных поясов вдоль региональных разломов и складчатых структур, не только подчеркивая специфику металлогении, но одновременно давая представление о мировой экономике минерального сырья.

Распределение крупнейших концентраций отдельных металлов в разного типа разновозрастных структурах Земной коры приведено на рис. 1.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 22.IV.1977.

## Հ. Գ. ՄԱՂԱՔՅԱՆ

### ԳԼԽԱՎՈՐ ՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՏԱՐՐԵՐԻ ԳԼՈՒԲԱԼ ՏԵՂԱԲԱՇԵՈՒՄԸ ՄԱՅՐՑԱՄԱՔՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱԿԵՂԵՎՈՒՄ

#### Ա մ փ ո փ ու մ

Գլխավոր մետաղների կուտակումները երկրակեղևում տեղաբաշխված են շափազանց անհավասարաչափ: Կուտակման մասշտաբները և առանձին մետաղների զուգակցությունները երկրակեղևի տարբեր տեղամասերում կապված են մի շարք գործոնների՝ ստրուկտուրային ու մագմատիկ տիպի, երկրաբանական զարգացման պատմության, ստրուկտուրայի հասակի հետ:

Մետաղային տարրերի գլոբալ տեղաբաշխման համար վճռական նշանակություն ունի երկրակեղևի տեղամասի պատկանելիությունը երեք հիմնական ստրուկտուրաներից որևէ մեկին՝ վահանի, ծալքավոր գոտու կամ ակտիվացած մարզի: