

В. О. Пароникян

О МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОМ ЗНАЧЕНИИ ЦИНКОВО-СВИНЦОВОГО ОТНОШЕНИЯ

В промышленных масштабах свинец и цинк проявляются почти во всех металлогенических провинциях и эпохах. В настоящее время, как по запасам, так и по добыче этих металлов, трудно отдать предпочтение регионам докембрийской, герцинской, киммерийской или альпийской консолидации. Некоторое возрастание интенсивности минерализации свинца и цинка наблюдается в последних двух металлогенических эпохах. Главные концентрации рассматриваемых металлов связаны с гидротермальной группой месторождений, которая охватывает все температурные ступени рудообразования.

Следует отметить, что в отличие от многих других металлов, свинец и цинк по ряду металлогенических характеристик относятся к группе сквозных металлов, которые проявляют родственные связи с самыми различными магматическими и рудными формациями. Крупные концентрации этих металлов связаны с месторождениями как плутонического, так и субвулканического циклов. (по номенклатуре Г. Шнейдерхена, 1958). Однако, во всех типах тектонических структур свинцово-цинковые рудные поля оказываются наиболее удаленными от их магматических источников и пространственно часто оказываются совмещенными с малыми порфировыми интрузиями и дайками как доба́толитового, так и постба́толитового этапов развития магматизма. Кроме того, крупные концентрации рассматриваемых металлов приурочены к стратифицированным месторождениям неметаморфизованных чехлов древних и более молодых платформ.

Корреляция качественных и количественных показателей минерализации свинца и цинка и магматических формаций в значительной степени затруднена из-за неопределенности вопроса их непосредственной генетической связи. Относительно генезиса и конкретного источника этих металлов в большинстве случаев фигурирует много гипотез. Однако, эти локальные источники в региональном плане являются сериальными продуктами тектоно-магматических циклов, повторяют характерные петрохимические особенности магматических пород последних и в сумме определяют металлогенический облик регионов. То есть, в

нашем случае, задача сводится к установлению корреляций между типами петрографических и сопряженных с ними рудных провинций. Подобный подход оправдывается большой однородностью целых металлогенических провинций как по минерализации свинца и цинка, так и по главным магматическим формациям. Повторяемость рассматриваемого нами явления позволяет, с другой стороны, решить обратные металлогенические задачи.

Важное значение имеют корреляции между количественными характеристиками магматических пород и ассоциирующих с ними рудных формаций. Для этой цели можно использовать самые различные признаки обеих многомерных систем, в которых характеристикам пород принадлежит роль аргумента. В этой статье автор ставит перед собой более узкую задачу, а именно установление корреляции между натриевой и калиевой щелочностью магматических пород отдельных провинций и степенью свинцовости и цинковости руд, то есть связи между весовыми соотношениями $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$ и $\Sigma n : \text{Pb}$. Анализ накопленного фактического материала позволяет наметить при этом ряд особенностей взаимосвязи признаков рудных и магматических формаций на количественной основе, которые в дальнейшем, по мере накопления фактического материала, могут быть представлены в устойчивой и более уточненной форме.

Тесная парагенетическая ассоциация свинца и цинка (главным образом в форме галенита и сфалерита) столь характерная для многих рудных провинций трудно расшифровывается с геохимической и кристаллохимической точек зрения. Эта ассоциация выглядит также странно с точки зрения источника оруденения; цинк является характерным компонентом базальтоидной, а свинец — гранитной магм. Сонахождение минеральных форм этих двух компонентов, однако, позволяет думать о сходности физико-химических условий их отложения в рудных процессах. В этом сходном поведении свинца и цинка, однако, наблюдаются четкие дискоординации, которые зависят от множества факторов и, главным образом, от характера их магматического источника. Именно этим дискоординациям принадлежит важное металлогеническое значение, поскольку как будет показано ниже, они позволяют судить о характере источника оруденения там, где по этому поводу отсутствуют прямые индикаторы, используя для этой цели установленные особенности в хорошо изученных рудных провинциях.

Основой в наших сравнительных характеристиках служат крупные металлогенические зоны и провинции первого порядка, известные в настоящее время благодаря работам многих исследователей (Билибин, 1955; Кинг, 1961; Магакьян, 1959, 1969; Радкевич, 1960; Смирнов В., 1965; Смирнов С., 1946; Твалчрелидзе, 1966; Штилле, 1964 и др.). и заимствованным нами по известным номенклатурам.

Среднее значение отношений цинка и свинца для различных рудных провинций и зон СССР и зарубежных стран приведены в табл. 1 и 2. Они составлены как по запасам (главным образом достоверным) свинца и цинка, так и по их добыче фиксированной в период за 1936–1970 гг., используя с этой целью различные сводки по минеральным ресурсам. Как следует из приведенных данных в большинстве случаев

отношения $Zn:Pb$ как по запасам, так и по добыче показывают большое сходство, за исключением стран Южной Америки. Эти расхождения обусловлены самыми различными причинами и, в частности, спросом и предложением свинца и цинка на мировом рынке. Кроме того, в большинстве рудных провинций отношение $Zn:Pb$ во времени проявляет большую стабильность, хотя их запасы и добыча претерпевают серьезные изменения. Неустойчивые отношения этих компонентов характерны для развивающихся стран, где каждое новое открытие месторождение вносит существенное изменение в рассматриваемой нами количественной характеристике.

Анализ большого эмпирического материала показывает, что цинково-свинцовое отношение вне зависимости от металлогенических провинций в связи с суммированием множества неравносильных факторов, мало пригодно для характеристики генетических типов месторождений этих металлов. Иначе говоря, однотипные формации (по температурным условиям формирования руд, минеральному составу, отношению к магматическим породам и т. д.) в различных типах рудных провинций показывают различные значения количественных отношений цинка и свинца. Только в конкретных, в металлогеническом отношении, рудных провинциях цинково-свинцовое отношение проявляет тесные координационные связи с такими факторами, как температура и глубина формирования руд, выражающиеся в локальной и региональной зональности размещения типов руд. Первичная глубинная локальная зональность, подчеркнутая в литературе многократно, достаточно четко проявляется почти во всех свинцово-цинковых месторождениях. В обобщенной форме она выражается в увеличении с глубиной месторождений количества сфалерита и пирита за счет галенита и др. компонентов руд (Шнейдерхен, 1958), то есть в месторождениях на вертикальном разрезе снизу вверх отношение $Zn:Pb$ имеет тенденцию к падению. Характерной особенностью поведения рассматриваемых металлов в отдельных рудных провинциях является также отчетливое возрастание степени свинцовости руд от высокотемпературных к низкотемпературным типам и формациям, что подтверждается на примере месторождений Малого Кавказа, Средней Азии, Дальневосточного Приморья и т. д. При этом, как правило, наиболее высокое значение $Zn:Pb$ при прочих равных условиях, показывают скарново-полиметаллические месторождения. Вышеуказанные тенденции характерны почти для всех однородных рудных провинций и указывают на то, что в магматогенных гидротермальных месторождениях цинк является более высокотемпературным компонентом, чем свинец.

Вышеперечисленные факторы (температура, глубина формирования руд, степень удаленности от рудоконтролирующих структур и т. д.), однако мало значимы в определении степени свинцовости и цинковости руд целых металлогенических провинций. Ведущее значение при этом, как показывает анализ фактического материала, принадлежит характеру магматического источника оруденения. Этим, в частности, мы объясняем преимущественную свинцовую или же цинковую специализацию крупных регионов, охватывающих самые разнообразные по вышечтенным признакам месторождения рассматриваемых металлов.

Среднее значение стандартного отношения $Zn : Pb$ для всех генетических типов месторождений по их запасам составляет 1,45–1,85 : 1. По добыче это отношение близко к нижней границе – 1,4 : 1. Полученные значения гораздо ниже весовых соотношений цинка и свинца в любом типе горных пород^х, что указывает на более сильную способность свинца накапливаться в продуктах постмагматической гидротермальной деятельности. В то же время отношение $Zn : Pb$ в горных породах определенно падает от ультраосновных и основных типов к средним и кислым, за счет уменьшения концентраций цинка, но возрастания – свинца. С этими региональными геохимическими особенностями распределения свинца и цинка, как мы увидим ниже, хорошо коррелируются и их региональные металлогенические особенности, и в частности, их количественные соотношения в соответствующих рудных формациях.

Докембрийские месторождения Канадского щита показывают медно-цинковую специализацию. Свинец в них является второстепенным компонентом. Эти месторождения метаморфического цикла (Шнейдерхен, 1958) по геологическим условиям локализации руд, вещественному составу и соотношению компонентов повторяют характерные особенности таковых наиболее фемических эвгеосинклинальных зон базальтоидного магматизма, каковыми являются Урал и ряд других провинций.

Неустойчивые соотношения $Zn : Pb$ наблюдаются в сходных с канадскими скарново-сульфидных месторождениях Швеции. В целом, однако, эта часть Фенноскандинавского массива показывает повышенную свинцовую специализацию ($Zn : Pb - 0.6 - 1.57 : 1$). Месторождения аналогичного типа Финляндии (медные, медно-цинковые и свинцово-цинковые) характеризуются более стабильными соотношениями этих компонентов при резком преобладании цинка ($Zn : Pb - 11 - 17 : 1$). Типичные для эвгеосинклинальных фемических зон отношения $Zn : Pb$ показывают также каледонские дислокационно-метаморфизованные (колчеданные) месторождения Норвегии

Повышенной цинковой специализацией характеризуются также скарновые и гидротермальные месторождения Японии ($Zn : Pb - 4.4 - 4.5 : 1$) киммерийского и альпийского возраста. Здесь широко представлен начальный базальтоидный магматизм (поздний мел-палеоген), переходящий в неоген-четвертичное время в орогенный магматизм андезитовой линии. Минерализация свинца и цинка контролируется "субвулканическими" диоритами, кварцевыми диоритами, монцонитами, плагиогранитами и т. д. По соотношению $Zn : Pb$ Япония проявляет характерные особенности эвгеосинклинальных салически-фемических зон с преобладающей ролью магматизма андезитовой линии, примером которых служат Рудный Алтай, Алаверди-Кафанская зона на Малом Кавказе и др.

Восточные обрамления Тихого океана – Северо-Американские Кордильеры и Южно-Американские Анды представляют крупные свинцово-цинковые провинции как по запасам, так и по добыче этих ме-

^х По данным А. П. Виноградова (1962) отношение $Zn : Pb$ составляет: в ультраосновных породах – 30 : 1, в основных – 16,5 : 1, в средних – 4,8 : 1, в кислых – 3,1, в земной коре в целом – 5,2 : 1.

таллов. Возраст оруденения — киммерийский (Канада, США) и альпийский (Мексика, Перу, Боливия, Аргентина). Наиболее крупные концентрации свинца и цинка приурочены к миогеосинклинальной части Кордильер и Анд (по номенклатуре Г. Штилле, 1964), тяготея к пограничным участкам эвгеосинклинали. Свинцово-цинковая минерализация в указанных протяженных складчатых поясах контролируется киммерийским и альпийским магматизмом латит-монзонитовой формации (монзониты, кварцевые монзониты, кварцевые монзонит-порфиры и др.), которая сочетается с нормальными известково-щелочными породами (андезиты, диориты, гранодиориты, риолиты, гранит-порфиры и др.). Здесь наблюдается большое разнообразие в рудной минерализации свинца и цинка. Большинство месторождений Кордильер на территории Канады и США относятся к мезотермальной плутонической группе, между тем, как эпитермальные месторождения Мексики и Южно-Американских Анд приурочены к субвулканическим и жерловым фациям пород. Крупные концентрации свинца и цинка связаны также с рудами, близкими к колчеданной формации (Юнайтед Верде в Аризоне) и "контактово-метаморфическими" ореолами (Централь и др. в Нью-Мексико). Отношение

$Zn: Pb$ в различных частях рассматриваемой ортогеосинклинали претерпевает некоторое изменение (табл. 1); наиболее высокая цинковость руд наблюдается в вышеупомянутых "колчеданных" и "контактово-метаморфических" месторождениях ($Zn: Pb > 10:1$). Для Северо-Американских Кордильер в целом среднее значение $Zn: Pb$ составляет 1,41:1, а для Южно-Американских Анд — 1,97:1 (по запасам в недрах). Эти соотношения близки к мировому стандарту и являются характерными для свинцово-цинковых месторождений миогеосинклинальных фемических-салических зон с андезитовым источником оруденения.

Телетермальные стратифицированные месторождения свинца и цинка платформенного чехла Северной Америки приурочены к карбонатным породам палеозоя при почти полном отсутствии каких-либо изверженных горных пород. Эти месторождения с пониженной сереброносностью и простым минеральным составом по соотношению главных компонентов — $Zn: Pb$ показывают особенности, не характерные для регионов с нормальными гидротермальными магматогенными месторождениями свинца и цинка. Здесь выделяются крайние промышленные типы руд — преимущественно свинцовые (Юго-Восточное Миссури) при почти полном отсутствии цинка и цинковые (Три-Стейтс, Восточный Теннесси и др.) в которых свинец играет подчиненную роль. Для группы в целом, однако, не наблюдается сколько-нибудь явного преобладания какого-либо металла ($Zn: Pb \sim 1.5:1$). Подобные контрастные соотношения компонентов характерны также для субплатформенных месторождений других регионов, примером которых служат Рифо-Тельская система (герцинские и альпийские месторождения Алжира, Туниса и Марокко) Средиземноморской зоны и хребет Каратау в Казахстане.

Средиземноморская зона характеризуется большой неоднородностью как по генетическим типам месторождений свинца и цинка, так и по характеру магматических их источников. Промышленные концентрации этих металлов связаны с герцинской (часть месторождений Марокко, Сардиния, зона Передового хребта на Северном Кавказе и др.), ким-

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТНОШЕНИЙ $Zn:Pb$ В
СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ РАЗЛИЧНЫХ РУДНЫХ ПРОВИНЦИЙ

Таблица I

Складчатые системы, руд- провинции и зоны	Металлогенические эпохи	Отношение $Zn:Pb$ по запасам за период 1955, 1963, 1967, 1969 гг.		Отношение $Zn:Pb$ по добыче за период 1936-1968 гг.
		От - до	Среднее	
Канадская платформа	Докембрийская		1,0	
Канадская платформа	Герцинская? - Альпийская		1,5	
Аппалачский складчатый пояс	Палеозойская		4,4	
Кордильерский складчатый пояс	Киммерийская, альпий- ская	0,7 - 4,2	1,41	
Андийский складчатый пояс	Альпийская	0,5 - 9,5	1,97	1,14
Южноамериканская (Бразильс- кая) платформа	Докембрийская		1,45	
Фенноскандинавский массив	Докембрийская, частью каледонская	0,6 - 18,0		1,5-17,0
Средиземноморская зона	Герцинская, киммерийс- кая и альпийская	0,3 - 2,0	1,08	1,04
Тихоокеанская зона	Киммерийская, альпийс- кая	4,0 - 7,0		
Африканская платформа	Разные	0,4 - 2,2	1,17	1,95
Индостанская платформа	Докембрийская	2,0 - 2,4	2,2	
Австралийская платформа	Главным образом до- кембрийская	0,8 - 1,1	0,93	0,86

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУДНЫХ ПРОВИНЦИЙ СССР

Таблица 2

Металлогенические провинции и зоны	Металлогенические эпохи	Типы ассоциирующих магматических формаций: а) вулканические, б) субвулканические и в) интрузивные образования	Общий характер магматизма и петрохимические серии пород	Тип провинций по тектоническим и магматическим признакам	Приближенные значения отношения $\text{Na}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}$ в ассоциирующих рудовоносных формациях пород	Отношение запасов Zn:Pb
Урал	Каледонская, герцинская	а. Спилито-кератофировая б и в. Габбро-плагиогранитная	Базальтоидный; известково-щелочные	Эвгеосинклиналь, фемическая	3-4:1	10:1
Северный Кавказ, зона Передового креста	Герцинская	а. Спилито-кератофировая	Базальтоидный; известково-щелочные	Эвгеосинклиналь, фемическая	Высокое	10:1
Малый Кавказ 1. Алаверди-Кафанская зона	Киммерийская	а. Андезитовая б. Липаритовая в. Плагиогранитная и диоритовая	Андезитовый; известково-щелочные	Эвгеосинклиналь, салически-фемическая	2-4:1	3-5:1
2. Севано-Амассийская зона	Альпийская (палеогеновая)	а. Андезитовая б. Липаритовая в. Габбро-диорит-гранодиоритовая	Андезитовый; известково-щелочные	Эвгеосинклиналь, салически-фемическая	1,5:1	2:1
3. Памбак-Зангезурская зона	Альпийская (олигоцен-миоценовая)	а. Андезитовая и трахиандезитовая в. Габбро-монцит-сиенитовая	Гранитный; известково-щелочные, субщелочные и щелочные	Многоэосинклиналь (переходная зона), салическая	1:1	1:1
Средняя Азия	Герцинская	а. Андезитовая, липарито-дацитовая и липаритовая б и в. Субвулканическая гранитная с большой ролью субщелочных и щелочных пород	Гранитный; известково-щелочные, субщелочные и щелочные	Многоэосинклиналь, салическая	0,8-1,0:1	0,9:1
Салаир	Каледонская? - герцинская	а. Кварц-кератофировая	Известково-щелочные	Эвгеосинклиналь, салически-фемическая	4-5:1	3-5:1
Рудный Алтай	Герцинская	а. Кварц-кератофировая, андезит-дацитовая	Андезитовый; известково-щелочные	Эвгеосинклиналь, салически-фемическая	1,5-3:1	2-3:1
Восточное Забайкалье	Киммерийская	а. Андезитовая, трахиандезитовая в. Габбро-монцит-сиенитовая	Гранитный; известково-щелочные, щелочные	Многоэосинклиналь, салический	0,7-0,8:1	0,95:1
Дальневосточное Приморье	Альпийская	а. Андезитовая, риолитовая б и в. Субвулканическая гранитная	Андезитовый; известково-щелочные	Многоэосинклиналь, фемически-салическая	0,8-1,4:1	1,2-2:1

мерийской (Алаверди-Кафанская зона на Малом Кавказе, зона Главного хребта на Северном Кавказе) и альпийской (месторождения Алжира, Туниса, Марокко, Греции, Турции, Югославии и др.) металлогеническими эпохами. Свинец и цинк часто локализованы в мезотермальных месторождениях в парагенетической связи со средними и умереннокислыми магматическими породами. Кроме того, в этой зоне широко представлена группа месторождений субплатформенных областей. В отличие от Тихоокеанского кольца в рассматриваемой складчатой системе отсутствует региональная тектоническая и металлогеническая зональность. Локально специализированные металлогенические зоны повторяют характерные особенности таковых других провинций, в частности, Тихоокеанского кольца. Эмпирический материал недостаточен для проведения корреляции между тектоно-магматическими комплексами и рудными формациями для зоны в целом. Среднее значение $Zn:Pb$ в зоне составляет (без СССР) около 1 : 1, что больше соответствует сиалическому источнику оруденения.

Металлогеническое значение цинково-свинцового отношения в наиболее полном виде можно проследить на примере рудных провинций СССР, краткие характеристики которых приведены в табл. 2.

Колчеданосный зеленокаменный пояс Урала представляет типичный пример фемической эвгеосинклинальной зоны. Формирование колчеданного оруденения во времени совпадает с этапом затухания геосинклинального вулканизма силура и девона и пространственно тяготеет к кремнокислым дифференциатам спилито-кератофировой формации. По вещественному составу скарново-медные, медноколчеданные и медноцинковые руды этой провинции сходны с таковым докембрийских месторождений Канады и Фенноскандинавского массива. Ничтожная роль свинца в рудах и медно-цинковая специализация пояса (отношение $Zn:Cu - 0.7:1$) полностью соответствует распространенным здесь и ассоциирующим с оруденением базальтоидными магматическими породами известково-щелочной серии с повышенной натриевой щелочностью. Полными уральскими аналогами являются колчеданные месторождения зоны Передового хребта на Северном Кавказе. Здесь более интенсивная рудная концентрация приурочена к спилито-кератофировым породам нижнего-среднего девона, располагаясь вблизи вулканических центров (Смирнов, Гончарова, 1960), где возрастает роль субвулканических и жильных пород среднего и кислого составов. Эта фемическая эвгеосинклинальная зона также характеризуется подчиненной ролью свинца и медно-цинковой специализацией (отношение $Zn:Cu$ - близко к Уралу).

По степени цинковости и свинцовости руд достаточно четко разграничиваются друг от друга структурно-металлогенические зоны Малого Кавказа (Пароникян, 1966). Металлогенические особенности Алаверди-Кафанской зоны определяются магматическими формациями мезозойского возраста (Магакян, 1969). Эта эвгеосинклинальная (Асланян, 1953) салически-фемическая зона характеризуется интенсивным проявлением начального вулканизма в целом андезитовой линии (Дзоценидзе, Твалчрелидзе, 1965). К мезозойскому возрасту относятся также интрузивные породы плагиогранитной и диоритовой форма-

ций (Габриелян, Багдасарян и др., 1968), а также субвулканические образования плагиолипаритовой формации. В рудах колчеданно-полиметаллической формации роль свинца значительна при среднем значении отношения $Zn:Pb - 3-5 : 1$. По совокупности рудно-магматических показателей эта зона отличается от наиболее фемических зон уральского типа и больше приближается к Рудному Алтаю или же внутренним (эвгеосинклинальным) зонам Тихоокеанского кольца.

Свинцово-цинковая минерализация Памбак-Зангезурской зоны контролируется более поздним – верхний эоцен-миоценовым циклом магматизма. Вулканические образования этого цикла представлены андезитовой и трахиандезитовой формациями. Олигоцен-миоценовый интрузивный магматизм обладает повышенной щелочностью и вместе с щелочными и субщелочными составляющими относятся к габбро-монзонитсиенитовой формации (Габриелян, Багдасарян и др., 1968). Здесь мы имеем пример контрастной калиевой зоны с магматизмом сиалического профиля. Повышенная свинцовая ее специализация ($Zn:Pb - 1 : 1$) полностью соответствует гранитному источнику оруденения.

Количественные соотношения отдельных магматических типов пород определяют Среднюю Азию как петрографическую провинцию с преобладающей ролью сиалического – гранитного магматизма (Бабаев, 1963). Свинцово-цинковое оруденение контролируется позднегерцинскими (пермскими, верхнепермско-нижнетриасовыми) постбатолитовыми порфировыми интрузиями и дайками гранитоидов (гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, кварцевые порфиры и др.), с которыми сочетаются также субщелочные и щелочные сериит пород (сиенит-порфиры, граносиенит-порфиры и т. д.). Отношение $Zn:Pb$ в скарновых и гидротермальных группах месторождений низкое и в среднем составляет $0,9 : 1$. По характеру магматизма, оруденения и соотношению $Zn:Pb$ ($0,95 : 1$) киммерийская провинция Восточного Забайкалья близко тождественна Средней Азии. В обоих случаях, по сравнению с Уралом, мы имеем контрастные металлогенические провинции миогеосинклинального типа и повышенную свинцовую специализацию, соответствующую гранитному источнику оруденения.

Салаир и Рудный Алтай представляют собой сходные провинции с эвгеосинклинальным магматизмом (Овчинников, Баранов, 1973) и металлогенией. Для Рудного Алтая характерны кварц-кератофировая (Кузнецов, 1964) (средний – верхний девон), а также андезитовая и андезитодацитовая (Хисамутдинов, Богданова и др., 1971) (верхний девон – нижний карбон) формации. Интрузивные образования представлены добатолитовыми малыми порфировыми интрузиями и дайками габбро-диабазовой плагиогранит-порфировой (верхний девон – нижний карбон) формаций, прорывающихся Змеиногорским комплексом пород плагиогранитной формации. К этапу отмирания геосинклинали относится формирование рудноалтайской серии малых интрузий кварцевых альбит-порфиров, кварцевых порфиров, гранит-порфиров, плагиогранитов. Все вышеперечисленные магматические образования относятся к известково-щелочным сериям с повышенной натриевой щелочностью (табл. 2) и рассматриваются как производные глубинного очага, средний состав которого приближается к андезиту (Иванкин, 1963). В отличие от магматизма

андезитовой линии миегосинклинальных зон Кордильер и Анд здесь в ассоциациях отсутствуют субщелочные и щелочные серии пород.

Руды Салаира и Рудного Алтая принадлежат, главным образом, к колчеданно-полиметаллической формации, характеризующейся повышенной сереброносностью и золотоносностью. Отношение $Zn:Pb$ составляет 2-3:1 (Рудный Алтай) и 3-5:1 (Салаир), при отношении

$Zn:Cu$ - 4-5:1. Таким образом, в последовательности Урал-Салаир-Рудный Алтай в колчеданных рудах наблюдаются относительные падения концентраций меди, но возрастания цинка и особенно свинца вместе с благородными металлами. Эти изменения в рудах четко координируются с качественными и количественными изменениями в ассоциирующих магматических формациях; в указанном направлении в спилито-кератофировой и габбро-плагиигранитной группах заметно возрастает роль более кислых дифференциатов пород, смещающих магматизм в сторону андезитовой линии.

х х х

В отличие от многих других металлов свинец и цинк проявляют генетическую или же парагенетическую связь с магматическими породами, характеризующимися широким диапазоном вариации как петрографических, так и петрохимических показателей. Приближенные средние значения весовых отношений щелочей $Na_2O:K_2O$ для наиболее важных в металлогеническом отношении (для свинца и цинка) магматических пород различных рудных провинций приведены в табл. 2. Эти данные показывают на четкие корреляционные зависимости между степенью натриевой и калиевой щелочности пород, с одной стороны, и степенью свинцовости и цинковости ассоциирующих с ним рудных месторождений - с другой. Рассматриваемые металлы в промышленных масштабах выступают при значении отношения $Na_2O:K_2O$ от 0,7:1 до 3-4:1, а иногда и больше. Причем, натриевым провинциям соответствует цинковая специализация полиметаллических руд, между тем как с возрастанием калиевой щелочности провинций увеличивается степень свинцовости руд. В целом следующая последовательность возрастания калиевой щелочности магматических пород и свинцовости руд в провинциях и зонах - Урал, зона Передового хребта Северного Кавказа, Салаир, Алаверди-Кафанская зона Малого Кавказа, Рудный Алтай, Дальневосточное Приморье, Памбак-Зангезурская зона Малого Кавказа, Средняя Азия, Восточное Забайкалье. Если из указанной последовательности исключить наиболее фемические эвгосинклинальные зоны (Урал, зона Передового хребта), то можно заметить любопытное тождество между весовыми отношениями $Na_2O:K_2O$ и $Zn:Pb$ в рудных провинциях.

Вышеотмеченные в металлогеническом отношении противоположные тенденции свинца и цинка функционально связаны с их геохимическим поведением в магматических породах. Свинец преимущественно концентрируется в обогащенных калием гранитоидах, в которых он предпочитает калиевые полевые шпаты (ортоклаз, микроклин). В магматических породах свинец присутствует как в форме галенита (Туровский,

1964; Goldschmidt 1954), так и в виде изоморфной примеси (Санделл, Голдич, 1952; Таусон, 1961; Goldschmidt 1954; Sorell 1962), замещая калий в силикатах, например, по схеме $K^{+} + Si^{4+} \rightarrow Pb^{2+} + Al^{3+}$

Таким образом, свинцовая специализация калиевых провинций имеет прямую геохимическую основу, что, однако, нельзя утверждать для случая цинковой специализации натриевых провинций. Здесь геохимическая интерпретация лишь косвенно указывает на базальтоидный характер источника обоих компонентов^x. В данном случае хорошо координированы геохимические и металлогенические поведения этих металлов.

Таким образом, вышеприведенный аналитический материал позволяет выделить следующие типы рудных провинций по характеру магматогенных месторождений свинца и цинка и тектоно-магматическим признакам.

1. Эвгеосинклинальные фемические^{xx} (Урал, зона Передового хребта Северного Кавказа, Ряд провинций Канадского щита и Фенноскандинавского массива), характеризующиеся медной и медно-цинковой специализацией колчеданной формации при второстепенной роли свинца. Спилито-кератофировые и габбро-плагиигранитные группы пород составляют суть магматизма этих зон.

II. Эвгеосинклинальные салически-фемические (Алаверди-Кафанская зона Малого Кавказа, Салаир, Рудный Алтай, Япония и др.) с колчеданно-полиметаллической минерализацией, повышенной сереброносностью и золотоносностью. Вместе с медью и цинком здесь свинец также является главным рудообразующим компонентом. Отношение $Zn : Pb$ варьирует в пределах 2-5 : 1. Как в первом, так и во втором типах рудных провинций магматические породы относятся к известково-щелочным сериям с повышенной натриевой щелочностью ($Na_2O : K_2O = 1,5-4 : 1$), при почти полном отсутствии субщелочных и щелочных пород.

III. Миогеосинклинальные фемически-салические (Северо-Американские Кордильеры, Южно-Американские Анды, Дальневосточное Приморье и др.) провинции по сравнению с предыдущим типом характеризуются возрастанием роли свинца ($Zn : Pb = 1,4-2 : 1$), при падении относительных концентраций меди и цинка. Руды этих зон отличаются также повышенной сереброносностью, в ряде случаев также

^x Как известно, содержание цинка в породах, противоположно свинцу, прогрессивно возрастает от кислых к основным (Виноградов, 1962). Кроме того, в породах присутствия как в изоморфной, так и сульфидной (Goldschmidt 1954; Neumann 1949) форме, цинк концентрируется преимущественно в фемических составляющих - железо-магнелевых силикатах (пироксены, амфиболы, биотит), а также в магнетите.

^{xx} Впервые Е. А. Радкевич (1960) рудоносные территории по геохимическому признаку подразделяет на два типа - фемический (уральский тип) и салический (восточноазиатский тип). В дальнейшем для территории СССР было предложено более детальное расчленение с выделением промежуточных типов (Спижарский, Боровиков; 1967).

редкометальностью ($\text{Sn}, \text{Mo}, \text{Bi}$). Оруденение контролируется магматизмом андезитовой линии, в котором, в отличие от II типа, большую роль играют щелочные породы (латит-монцитонитовая формация по Д. Ирли, 1963).

1У. Миогеосинклинальные салические (Средняя Азия, Восточное Забайкалье, Памбак-Зангезурская зона Малого Кавказа и др.) с преобладающим гранитным магматизмом. Этот наиболее контрастный тип рудных провинций характеризуется повышенной свинцовой специализацией ($\text{Zn} : \text{Pb} - 0,8-1 : 1$), с подчиненной ролью меди и низкими относительными концентрациями серебра. Оруденение ассоциирует с малыми порфировыми интрузиями и дайками гранитоидов с повышенной калиевой щелочностью ($\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O} - 0,7-1 : 1$) и широким развитием также пород щелочной серии. В этом типе рудных провинций интенсивно представлена также редкометальная ($\text{Mo}, \text{Sn}, \text{W}$) минерализация.

Определенным типом рудных провинций следует считать также субплатформенные регионы с немагматогенными телетермальными стратифицированными месторождениями свинца, цинка и меди.

Анализ вышеизложенного фактического материала позволяет также заключить, что в крупных металлогенических провинциях или же их составляющих частях — зонах, характер оруденения свинца и цинка определяется не какими-либо случайными, эпизодическими и локальными факторами, а суммарным результатом всех видов геологических процессов. Этим объясняется большая однородность крупных регионов первого порядка по типам месторождений свинца и цинка, ассоциирующим магматическим формациям, соотношениям главных и второстепенных рудообразующих компонентов и т. д. Подобная металлогеническая однородность вряд ли возможна, если предположить, что эти прежние геосинклинальные системы прошли полный цикл геологического развития, при котором от начальных и ранних этапов к субсеквентному или позднему (исключая конечный) происходит смена фемического (базальтоидного) магматизма — салическим (гранитным) (Билибин, 1955; Кузнецов, 1964; Магакьян, 1959; Смирнов, 1965; Штилле, 1964). В таком случае в провинциях следовало бы ожидать непрерывные серии формационных типов месторождений свинца и цинка. В действительности же, в большинстве случаев устанавливается специализация зон или провинций рудными формациями, отвечающими в одних случаях базальтоидному, в других промежуточному или же гранитному магматизму, при слабом проявлении, или же — полном отсутствии остальных членов.

ЛИТЕРАТУРА

- Абдуллаев Х. М. О петрометаллогенических рядах магматических пород и эндогенных месторождений. Советская геология. № 5, 1960.
- Асланян А. Т. Региональная геология Армении, Айпетрат, Ереван, 1958.
- Бабаев К. Л. Количественная характеристика магматизма Средней Азии. Узб. геол. журнал, № 4, 1963.

- Билибин Ю. А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. Госгеолтехиздат, 1955.
- Виноградов А. П. Распределение химических элементов в земной коре. Геохимия, № 1, 1962.
- Габриелян А. А., Багдасарян Г. П. и др. Основные этапы геотектонического развития и магматической деятельности на территории Армянской ССР. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 1-2, 1968.
- Геология, парагенезис и запасы руд зарубежных месторождений свинца и цинка (сб. статей). Изд. ИЛ, М., 1951.
- Дзоценидзе Г. С., Твалчрелидзе Г. А. О типах рудных месторождений, связанных с вулканизмом геосинклинальных зон (на примере Кавказа). В кн. "Рудоносность вулканогенных формаций". Изд. "Недра", 1965.
- Горжевский Д. И. О генетической позиции промышленно-генетических типов свинцово-цинковых месторождений. Геология рудных месторождений, № 3, 1970.
- Иванкин П. Ф. Отношение комплексов внутри комагматической серии на примере Рудного Алтая. В кн. "Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала". Тр. 1 Уральск. петр. совещ., Свердловск, 1963.
- Ирдли А. Д. Петрографические и тектонические провинции запада Соединенных Штатов Америки. Тр. XXI Международн. геол. конгресса, вып. 2. Тектоника и петрография. Изд. ИЛ, М., 1963.
- Кинг Ф. Б. Геологическое развитие Северной Америки. Изд. ИЛ, М., 1961.
- Козеренко В. Н. Значение структурно-фациальных зон для металлогенического анализа на примере Восточного Забайкалья. В кн. "Закономерности размещения полезных ископаемых", т. III. Изд. АН СССР, 1960.
- Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. Изд. "Недра", 1964.
- Магакьян И. Г., Мкртчян С. С. Взаимосвязь структуры, магматизма и металлогении на примере Малого Кавказа. Известия АН Арм. ССР, сер. геол.-геогр. наук, № 4, 1957.
- Магакьян И. Г. Основы металлогении материков. Изд. АН Арм. ССР, 1959.
- Магакьян И. Г. Типы рудных провинций и рудных формаций СССР. Изд. "Недра", 1969.
- Минеральные ресурсы капиталистических стран. Госгеолтехиздат, М., 1959; Минеральные ресурсы капиталистических стран. Госгеолтехиздат, М., 1963; Минеральные ресурсы капиталистических стран. Изд. "Недра", 1964; Минеральные ресурсы стран капиталистического мира. М-во геологии СССР, Всесоюз. геол. фонд, М., 1968; Минеральные ресурсы капиталистических и развивающихся стран. М-во геологии СССР, Всесоюз. геол. фонд, М., 1970;
- Овчинников Л. Н. Контактво-метасоматические месторождения Среднего и Северного Урала. Изд. Уф АН СССР, Свердловск, 1960.

- Овчинников Л. Н., Баранов В. Д. О некоторых закономерностях размещения колчеданно-полиметаллических месторождений Алтая. Геология рудных месторождений, т. XV, № 6, 1973.
- Орлова Е. В., Маркова Е. В. Ресурсы меди, свинца и цинка в капиталистических странах. Госгеолтехиздат, 1957.
- Пароникян В. О. Характер распределения частот содержаний металлов в теле полезного ископаемого. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 1-2, 1966.
- Радкевич Е. А. К вопросу о типах рудоносных территорий. Тр. Международ. геол. конгресса, XXI сессия, докл. советск. геологов. Прикладная геология, Вопросы металлогении, проблема 20, 1960.
- Розин М. С., Орлова Е. В. Минеральные ресурсы Соединенных Штатов Америки. Госгеолиздат, 1952.
- Санделл Э. Б., Голдич С. С. Редкие металлы в некоторых американских изверженных породах. В сб. "Редкие элементы в изверженных горных породах и минералах". Изд. ИЛ, 1952.
- Семенов А. И. Структурно-металлогенические зоны. В кн. "Общие принципы регионального металлогенического анализа", Гостехиздат, 1957.
- Смирнов В. И. Проблемы эндогенной металлогении. Изд. "Недра", 1965.
- Смирнов В. И., Гончарова Т. Я. Палеозойские вулканогенные комплексы Северного Кавказа и связанные с ними колчеданные месторождения. В кн. "Закономерности размещения полезных ископаемых", т. III, Изд. АН СССР, 1960.
- Смирнов С. С. Очерк металлогении Восточного Забайкалья. Госгеол-издат, 1944.
- Смирнов С. С. О тихоокеанском рудном поясе. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1946.
- Спижарский Т. Н., Боровиков Л. И. Тектоническая карта территории СССР. В кн. "Тектонические карты континентов". Изд. "Наука", 1967.
- Таусон Л. В. Геохимия редких элементов в гранитоидах. Изд. АН СССР, 1961.
- Твалчрелидзе Г. А. Опыт систематики эндогенных месторождений складчатых областей (на металлогенической основе). Изд. "Наука", 1966.
- Туровский С. Д. Минералого-геохимические особенности изверженных пород как индикатор металлогенической специализации интрузивных комплексов (на примере Северного Тянь-Шаня). Изд. "Недра", 1964.
- Хисамутдинов М. Г., Богданова К. Г. и др. Магматические формации Зайсанской складчатой области. В кн. "Терцинские магматические комплексы Восточного Казахстана". Тр. 1 Каз. петр. совещ., т. II. Изд. "Наука" Каз. ССР, Алма-Ата, 1971.
- Шипулин Ф. К. Интрузивные породы юго-восточного Приморья и связь с ним оруденения. Изд. АН СССР, 1957.
- Шнейдерхён Г. Рудные месторождения. Изд. ИЛ, 1958.

- Штилле Г. Тектоническое развитие Америки как восточного обрамления Тихого океана. Избранные труды. Изд. "Мир", 1964.
- Goldschmidt V. M. Geochemistry. Oxford, 1954.
- Neumann H. Notes on the mineralogy and geochemistry of zinc. Min. Mag., 205, 575, 1949.
- Sorrell C. A. Solid state formation of barium, strontium and lead feldspars in clay - sulfate mixtures. Amer. Min., 47, N 3-4, 1962.