distinct zonation in geochemical halos evolution in the region's territory was observed. Applied geochemical criteria allow to estimate preliminarily the prospectivity of anomalies for commercial value.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В. И. Очерки геохимии. М.: Наука, 1983, 620 с.
2. Григорян С. В. Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений. М.: Недра, 1987, 408 с.
3. Дубов Р. Н. Количественные исследования геохимических полей для поисков рудных месторождений. Новосибирск: Наука, 1974, 250 с.
4. Проблемы прикладной геохимии. (Материалы Второго Международного симпозиума «Методы прикладной геохимии»). Новосибирск: Наука, 1983
5. Симонян Р. С., Кочарян С. А. Классификация геохимических аномалий при помощи многомерного статистического анализа — Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1990, №2, с. 45—50.

Известия НАН РА, Науки о Земле, 1997, т. №3, 45—57

ПРОМЫШЛЕННАЯ ТИПИЗАЦИЯ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦВЕТНЫХ И ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ АРМЕНИИ

© 1997 г. П. Г. Алоян

*Институт «Армнипроцветмет» Министерства промышленности РА
375010 Ереван, ул. Корюна, 14, Республика Армения
Поступила в редакцию 20.09.96.*

В статье приводятся обобщенные результаты первого опыта промышленной типизации руд месторождений цветных и драгоценных металлов. Для рудных формаций Армении выделяются промышленные руды двух категорий: сульфидная и окисленная.

В настоящее время имеются фундаментальные работы по типизации и классификации рудных месторождений Армении [6, 7, 9—11]. Эти исследования имеют генетическую и формационную основу и являются надежной базой для технологического тестирования руд разведываемых и эксплуатируемых месторождений. В то же время, учитывая масштабы горнорудной промышленности республики, недопустимо отсутствие обобщенных исследований по промышленной типизации руд, что имеет принципиальное значение для оценки экономического потенциала минеральных ресурсов. За последние годы сотрудниками Армнипроцветмета в рамках расширенной программы систематического геолого-технологического картирования проводилась типизация разведываемых и вовлекаемых в переработку руд. Эти исследования замкнулись на стадии выделения минералого-технологических разновидностей или геолого-технологических типов без детального учета горно-технических условий отработки и экономики горнорудного производства, т. е. промышленная типизация руд не проводилась [4, 5, 8]. По результатам многолетних детальных исследований нами обобщены и опубликованы принципы и методика геолого-технологического картирования и промышленной типизации руд, а также дана оценка влияния горнотехнических и технологических условий на

экономику горнорудного производства [1—3]. Этими исследованиями было показано, что промышленный тип руд—это экономическая категория и поэтому он имеет временный характер, а геолого-технологический тип—это формационно-техногенная категория. Промышленная типизация руд представляет собой экономически обоснованную целесообразность селективного освоения различных геолого-технологических типов руд или предусматривает переработку многосортных руд в единой шихте с учетом их количественного соотношения при заданных технологических показателях.

В настоящей статье приводятся обобщенные результаты первого опыта промышленной типизации руд месторождений цветных и драгоценных металлов Армении на основе формационной принадлежности месторождений, технологических особенностей обогащения руд, горнотехнических условий отработки и экономики горнорудного производства. Промышленные типы руд нами подразделяются на две категории: сульфидную и окисленную. Смешанные типы руд рассматриваются в качестве технологических сортов окисленных руд. Исследования проводились на месторождениях трех рудных формаций: меднорудной, медно-молибденовой и золотополиметаллической.

Меднорудная формация

Геолого-технологическое картирование и промышленная типизация руд месторождений меднорудной формации проведены на эксплуатируемом Капанском, подготовленном к промышленному освоению Алавердском, временно законсервированном Шамлугском и детально разведанном Личкском месторождениях. На Алавердском и Шамлугском месторождениях оруденение представлено жилами, линзами и штоками, на Личкском месторождении—штокверком, а на Капанском—жилами и штокверком. Результаты картирования показывают, что на месторождениях меднорудной формации в основном выделяются две минеральные (природные) разновидности руд: пирит-халькопиритовая в массивных рудах и халькопирит-пиритовая в прожилково-вкрапленных рудах (табл. 1). На Личкском месторождении выделяется одна разновидность сульфидных руд.

Пирит-халькопиритовая разновидность характеризуется простым минеральным составом, гипидноморфно-зернистой структурой, прожилковой, вкрапленной и друзовой текстурами, в основном с ровными границами сростаний. Халькопирит-пиритовая разновидность на Шамлугском и Алавердском месторождениях также характеризуется простым минеральным составом, а на Капанском месторождении имеет сложный состав и помимо пирита и халькопирита представлена значительным количеством вторичных сульфидов меди, а также сфалерита и энаргита. Халькопирит по количеству уступает вторичным сульфидам меди и наблюдается в них в виде реликтов или эмульсионной вкрапленности—в сфалерите, в тесных сростаниях и прорастаниях с пиритом, энаргитом и сфалеритом. Среди вторичных сульфидов наибольшим распространением пользуются халькозин и борнит. Выше горизонта 950 м, на северо-западе Кавартского карьера были вскрыты относительно более труднообогатимые медные руды, богатые окисленными минералами меди, сажистой медной чернью и сфалеритом. Руды халькопирит-пиритовой разновидности характеризуются гипидноморфно-зернистой и зернистой структурами, прожилковой, вкрапленной, колломорфной, реликтовой и каемочной текстурами, зубчатыми границами прорастаний.

Промышленная типизация руд месторождений медной формации Армении

Месторождение	Минеральные (природные) разновидности руд	Минералого-технологические разновидности руд	Геолого-технологический тип руд	Промышленный тип руд	Оптимальная схема переработки. Товарная продукция
1. Капанское	А. Пирит-халькопиритовая (Северный участок) Б. Халькопирит-пиритовая с энаргитом, сфалеритом и халькозином (Южный участок)	1. Медноколчеданная (А) 2. Медноколчеданная с энаргитом, сфалеритом и халькозином (Б)	1. Сульфидный меднорудный (А) 2. Сульфидный меднорудный с энаргитом, сфалеритом и халькозином (Б)	1. Сульфидный меднорудный (А) 2. Сульфидный меднорудный с энаргитом, сфалеритом и халькозином (руды отработаны) (Б)	Флотация. Концентрат медный
2. Шамлугское	А. Пирит-халькопиритовая в массивных рудах Б. Халькопирит-пиритовая во вкрапленных рудах	Медноколчеданная (А+Б)	Сульфидный меднорудный (А+Б)	Сульфидный меднорудный (А+Б)	Флотация. Концентрат медный
3. Алавердское	А. Пирит-халькопиритовая в массивных рудах Б. Халькопирит-пиритовая в прожилково-вкрапленных рудах	Медноколчеданная (А+Б)	Сульфидный меднорудный (А+Б)	Сульфидный меднорудный (А+Б)	Флотация. Концентраты медный, пиритный
4. Личкское	А. Пирит-халькопиритовая Б. Лимонит-малахитовая	1. Медноколчеданная (А) 2. Окисленная лимонит-малахитовая (Б)	1. Сульфидный меднорудный (А) 2. Окисленный лимонит-малахитовый (Б)	1. Сульфидный меднорудный (А) 2. Окисленный лимонит-малахитовый (Б) I-ый технологический сорт. Степень окисления 20—50% II-ой технологический сорт. Степень окисления более 50%	Флотация. Концентрат медный. Шихта с сульфидными рудами с обеспечением среднего содержания основного компонента в товарной руде Выщелачивание: цементационная медь

Руды пирит-халькопиритовой и халькопирит-пиритовой разновидностей обычно легко обогащаются [12]. Основным методом обогащения является флотационный, при котором обе разновидности обогащаются одинаково и степень извлечения меди находится в прямой зависимости от ее содержания в руде. При этом извлечение меди в концентрат для первой разновидности колеблется в пределах 91,0—97,9%, при содержании меди 18,5—22,6%. Оптимальная тонина помола руды для пирит-халькопиритовой разновидности (массивные руды) составляет 62, редко 65% класса минус 0,08 мм. Для халькопирит-пиритовой разновидности извлечение относительно ниже и составляет 91,6—92,1%, при содержании меди в концентрате 17,6—20,3%. Оптимальная тонина помола, в связи с преимущественно вкрапленным характером оруденения, составляет 65—68% класса минус 0,08 мм. Снижение извлечения обусловлено наличием вторичных минералов меди, энаргита и в особенности сфалерита (Арутюнян, Луценко, Аветисян, 1985). Близкие технологические показатели руд обеих разновидностей на Шамдугском и Алавердском месторождениях исключают необходимость их селективной добычи и позволяют переработку этих руд организовать в совместной шихте. На этом основании выделяется единая медноколчеданная минералого-технологическая разновидность и соответствующий ей сульфидный меднорудный геолого-технологический и промышленный тип. Товарным продуктом является медный концентрат. Из руд Алавердского месторождения, при необходимости, возможно получение также пиритного концентрата (табл. 1). На Капанском месторождении, на основании вышеизложенного, выделяются две минералого-технологические разновидности и соответственно им два промышленных типа руд: сульфидный меднорудный и сульфидный меднорудный с энаргитом, сфалеритом и халькозином. В пространстве эти руды обособлены и по горнотехническим условиям возможна их селективная добыча. Первый тип руд отрабатывается подземным способом, а второй—отработан карьером.

Категория окисленных руд выделена только на Личкском месторождении. Здесь окисленные руды относятся к лимонит-малахитовой разновидности и представлены двумя технологическими сортами [3]. При степени окисления меди от 20 до 50% руды могут перерабатываться в шихте с сульфидными рудами флотационным методом с обеспечением среднего содержания меди в товарной руде, а при степени окисления меди свыше 50% рекомендуется переработку руд проводить кучным серно-кислотным выщелачиванием с получением цементационной меди при извлечении 96% и содержанием меди 90%.

Медно-молибденовая формация

Геолого-технологическое картирование проводилось на трех месторождениях: эксплуатируемых—Каджаранском и Агаракском, детально разведанном—Техутском. На этих месторождениях оруденение представлено типичным штокверком. Минеральный состав руд относительно прост. Основными рудными минералами являются молибденит и халькопирит; часты пирит и магнетит, реже встречаются гематит, энаргит, галенит, сфалерит и др. В связи с генетическим отличием Техутского месторождения (Мелконян, 1989) здесь наблюдаются повышенные содержания пирита, что учтено при разработке технологической схемы обогащения (табл. 2).

На месторождениях медно-молибденовой формации широко развита зона окисления. На Каджаранском и Агаракском месторождениях окисленные руды в принципе отработаны, вывезены в отвал и

Промышленная типизация руд медно-молибденовой формации Армении

Месторождение	Минеральные (природные) разновидности руд	Минералого-технологические разновидности руд	Геолого-технологический тип руд	Промышленный тип руд	Оптимальная схема переработки руд. Товарная продукция
1	2	3	4	5	6
Каджаранское	<p>А. Преимущественно молибденовая в слабо измененных (окварцованных, биотитизированных) монцонитах</p> <p>Б. Халькопирит-молибденитовая в средне измененных (окварцованных, каолинизированных) монцонитах</p> <p>В. Преимущественно халькопиритовая в интенсивно каолинизированных монцонитах</p> <p>Г. Лимонит-малахит-повеллит-ферримоллибдитовая</p>	<p>1. Медно-молибденовая (А)</p> <p>2. Медно-молибденовая в измененных (окварцованных, биотитизированных, каолинизированных) монцонитах (Б+В)</p> <p>3. Окисленная лимонит-малахит-повеллит-ферримоллибдитовая (Г)</p>	<p>1. Сульфидный медно-молибденовый (А+Б+В)</p> <p>2. Окисленный лимонит-малахит-повеллит-ферримоллибдитовый (Г)</p>	<p>1. Сульфидный медно-молибденовый (А+Б+В)</p> <p>2. Окисленный лимонит-малахит-повеллит-ферримоллибдитовый (Г)</p> <p>I-ый технологический сорт-смешанных руды. Степень окисления 15—20%</p> <p>II-ой технологический сорт. Степень окисления 20—60%</p> <p>III-ий технологический сорт. Степень окисления более 60%</p>	<p>Коллективно-селективная флотация. Концентраты: медный, молибденовый</p> <p>Шихта с сульфидными рудами с обеспечением среднего содержания основного компонента в товарной руде</p> <p>Шихта с сульфидными рудами 1:9 или 2:8 с обеспечением основных технологических показателей</p> <p>Выщелачивание; цементационная медь</p>

1	2	3	4	5	6
Агаракское	<p>А. Халькопирит-молибденитовая (Центральный уч.)</p> <p>Б. Халькопирит-молибденитовая в монтмориллонитизированных гранитоидах (Сев.-зап. уч.)</p> <p>В. Лимонит-малахит-гидрогематитовая</p>	<p>1. Медно-молибденовая (А) (Центральный уч.)</p> <p>2. Медно-молибденовая в монтмориллонитизированных гранитоидах (Б)</p> <p>3. Окисленная лимонит-малахит-гидрогематитовая (В)</p>	<p>1. Сульфидный медно-молибденитовый (А)</p> <p>2. Сульфидный медно-молибденитовый в монтмориллонитизированных гранитоидах (Б)</p> <p>3. Окисленный лимонит-малахит-гидрогематитовый (В)</p>	<p>1. Сульфидный медно-молибденитовый (А)</p> <p>2. Сульфидный медно-молибденитовый в монтмориллонитизированных гранитоидах (руды отработаны) (Б)</p> <p>3. Окисленный лимонит-малахит-гидрогематитовый (В). Один технологический сорт. Степень окисления более 20%</p>	<p>Коллективно-селективная флотация</p> <p>Концентраты: медный, молибденитовый</p> <p>Выщелачивание; цементационная медь</p>
Техутское	<p>А. Пирит-халькопиритовая (Зап. и Юго-зап. уч.)</p> <p>Б. Пирит-халькопирит-молибденитовая (Центр. и Северн. уч.)</p> <p>В. Лимонит-малахит-гетитовая. Бирюзоносная.</p>	<p>1. Медно-молибденитовая (А+Б)</p> <p>2. Окисленная лимонит-малахит-гетитовая (бирюзоносная) (В)</p>	<p>1. Сульфидный медно-молибденитовый (А+Б)</p> <p>2. Окисленный лимонит-малахит-гетитовый (бирюзоносный) (В)</p>	<p>1. Сульфидный медно-молибденитовый (А+Б)</p> <p>2. Бирюзоносные породы в зоне окисления (В). Промышленный тип окисленных руд не выделяется</p>	<p>Коллективно-селективная флотация</p> <p>Концентраты: медный, молибденитовый, пиритный</p> <p>Обработка бирюзы для ювелирного производства</p>

складированы, а на Техутском—широко развиты и являются бирюзосодержащими. По данным технологических исследований, сульфидные руды медно-молибденовой формации делятся на легкофлотуемые медно-молибденовые и труднофлотуемые разновидности в различной степени гидротермально измененных породах [12]. Исследованиями доказана и практически осуществлена возможность совместной переработки легко- и некоторых труднообогатимых разновидностей в единой шихте с высокими технологическими показателями при соответствующих количественных соотношениях. Каджаранское и Агаракское месторождения отрабатываются карьерами. По горно-техническим условиям и экономической эффективности освоения недр на месторождениях медно-молибденовой формации выделяются сульфидные и окисленные промышленные типы руд.

Сульфидные медно-молибденовые руды на Каджаранском и Агаракском месторождениях локализованы в различной степени гидротермально измененных породах. На Каджаранском месторождении гидротермальное изменение рудовмещающих монзонитов в основном представлено окварцеванием, биотитизацией и каолинизацией. Четкое оконтуривание разновидностей гидротермально измененных пород не представляется возможным, поскольку весьма часты перемежаемость и наложенность различных метасоматитов, что исключает их пространственную выдержанность и тем самым возможность их селективной добычи. Компенсация отрицательного влияния окварцевания достигается путем регулирования качества рудного помола (не менее 60—62% класса минус 0,08 мм), а также введением классификации пенного продукта основной флотации и его доизмельчения до 80% класса минус 0,08 мм с пересчетками. Вредное влияние каолиновых шламов компенсируется путем применения сложного реагентного режима и малой плотности пульпы при флотации порядка 27,0—28,0% твердого [2]. Так называемые «труднообогатимые» руды западного фланга Каджаранского штокверка, в отличие от рядовых руд центрального участка, в основном представлены свежими и слабоизмененными монзонитами с тонкой и убогой вкрапленностью халькопирита и молибденита, а также значительной вкрапленностью магнетита, образующего сростки с халькопиритом. Эти факторы требуют более высокой степени измельчения для обеспечения достаточно полного вскрытия минералов. Этим объясняется тот факт, что эти руды в шихте с рудами центрального участка (рядовые руды) дают низкие показатели извлечения. При грубости помола 50% минус 0,08 мм, принятой на фабрике, имеет место недоизмельчение руд западного борта карьера, а увеличение тонкости помола до 60% приводит к переизмельчению руд. Во избежание снижения технологических показателей при совместной переработке этих руд рекомендована соответствующая шихта, обеспечивающая плановые технологические показатели обогатительной фабрики. Многолетними технологическими исследованиями на Каджаранской обогатительной фабрике внедрена гибкая технологическая схема, обеспечивающая переработку всех сульфидных разновидностей руд в единой шихте. Таким образом, однотипность вещественного состава и частая перемежаемость минеральных разновидностей руд, исключая возможность их селективной добычи, а также целесообразность их переработки по единой технологической схеме при соответствующей шихте, дают основание выделить на Каджаранском месторождении один медно-молибденовый геолого-технологический и промышленный тип сульфидных руд (табл. 2). При этом учет минералого-технологических особенностей природных разновидностей руд необходим для рационального планирования горных ра-

бот и оптимального усреднения добытой руды с обеспечением уровня извлечения металлов в концентраты.

На Агаракском месторождении мы имеем аналогичную картину. Минеральный состав руд довольно прост. Это в основном пирит, халькопирит и молибденит, в подчиненном количестве отмечены вторичные сульфиды меди, а также магнетит, гематит и сфалерит. Текстура руд вкрапленная и прожилково-вкрапленная. Сульфидные руды Агаракского месторождения относятся к медно-молибденовому геолого-технологическому и промышленному типу. Редко встречаются халькопиритовые и халькозиновые минералого-технологические разновидности, что не играет существенной роли. Рудовмещающие породы представлены сиенито-гранитами и гранодиорит-порфирами. Первые в значительной степени карбонатизированы, хлоритизированы, серицитизированы, редко каолинизированы, а вторые—альбитизированы, хлоритизированы, серицитизированы, окварцованы и частично каолинизированы. Эти изменения, как и на Каджаранском месторождении, не оказывают существенного влияния на процесс флотации. Руды легкообогащаемые; условия обогащения стандартные—помол до 55—62% класса минус 0,08 мм и обычный набор реагентов при достаточно высоком извлечении меди и молибдена. Однако, в отличие от Каджаранского месторождения, на Агаракском месторождении выделяется и второй геолого-технологический и соответственно ему промышленный тип сульфидных руд с низкими технологическими показателями. Это медно-молибденовые руды в монтмориллонитизированных гранитоидах на северо-западном фланге агаракского штокверка. Для минералов группы монтмориллонита чрезвычайно важной особенностью в практическом отношении является свойство сильного набухания и связанная с ним высокая поглотительная способность различных катионов. Причем по характеру увеличения адсорбционной поверхности глинистые минералы располагаются в ряд: каолинит—галлуазит—монтмориллонит. По этому же ряду происходит возрастание роли шламов и снижение показателей обогащения (Лусинян, Акопян, Арутюнян, Нагапетян, Галстян, 1983; Лусинян, Маргарян, Оганесян, 1989).

На Техутском месторождении, как и на Каджаранском, выделяется один сульфидный медно-молибденовый геолого-технологический и соответственно ему один промышленный тип руды. Переработку сульфидных руд намечается проводить по стандартной схеме коллективно-селективной флотации с получением медного, пиритного и молибденового концентратов с высокими показателями извлечения.

Категория окисленных руд, как было указано, на месторождениях медно-молибденовой формации развита широко [3]. На Каджаранском месторождении окисленные руды относятся к лимонит-малахит-повеллит-ферримолибдитовой разновидности и представлены тремя технологическими сортами в зависимости от степени окисления полезных компонентов и технологической схемы их переработки (табл. 2). Первые два сорта перерабатываются в шихте с сульфидными рудами с обеспечением среднего содержания основного компонента в товарной массе и плановых показателей обогащения. Для третьего технологического сорта окисленных руд рекомендуется серно-кислотное выщелачивание с получением цементационной меди. Эта же технология рекомендуется для лимонит-малахит-гидрогематитовой разновидности Агаракского месторождения. Лимонит-малахит-гетитовая природная разновидность Техутского месторождения не дает возможность выделить технологический сорт (промышленный тип), т. к. дисперсная форма лимонита имеет очень низкие технологические показате-

тели [3]. Для этой разновидности характерна бирюзоносность в промышленных масштабах.

Золотополиметаллическая формация

Промышленная типизация руд золотополиметаллической формации проводилась на эксплуатируемых Соткском, Меградзорском и Шаумянском, детально разведанных—Арманисском, Азатекском, Личквас-Тейском, Тертерасарском, а также разведываемых Марцигетском и Марджанском месторождениях (табл. 3). Общими для всех месторождений являются жильный тип оруденения, сложные горнотехнические условия подземной отработки и многокомпонентный состав руд с весьма изменчивым характером распределения как основных сульфидных минералов, так и связанных с ними золота и серебра. В рудах постоянно присутствуют пирит, халькопирит, сфалерит и галенит, которые, ассоциируясь в различных соотношениях, определяют выделение пиритовой, халькопиритовой, халькопирит-сфалеритовой, сфалерит-галенитовой, халькопирит-сфалерит-галенитовой минеральных (природных) разновидностей руд. Характерным для большинства месторождений является наличие первичного золотосодержащего гематита, который в ряде случаев образует большие скопления и четко обособляется в пространстве (Тертерасар).

Одной из отличительных черт золотополиметаллической формации является наличие обособленных участков со значительными концентрациями мышьяка и сурьмы. Из них мышьяк представлен золотосодержащим арсенопиритом, который является одним из основных носителей золота и в тесной ассоциации с пиритом образует пирит-арсенопиритовую минеральную разновидность (Азатек, Личквас-Тей, Тертерасар и Сотк). На Соткском месторождении носителем сурьмы является в основном антимонит (антимонитовая разновидность), а носителем мышьяка, кроме арсенопирита, также реальгар и аурипигмент. Последние образуют вторую мышьяковистую разновидность. Богатые сурьмой руды особенно выделяются на Азатекском месторождении, где они представлены антимонитом и сульфоантимонитом свинца (табл. 3). Ввиду особого технологического поведения мышьяк- и сурьмасодержащих руд, на некоторых месторождениях выделяются золотомышьяковистая и золото-свинцово-сурьмяная разновидности руд. С учетом горнотехнических условий эти руды отнесены к сульфидному золотополиметаллическому (или золотосульфидному) геологическому и промышленному типу. В отдельных случаях выделяются также золото-свинцово-сурьмяный и золотомышьяковистый геологическо-технологические типы руд (Сотк, Азатек).

Руды золотополиметаллической формации легко обогащаются. Оптимальная схема обогащения была выбрана в соответствии с качественным и количественным составом руд и рациональным составом золота и серебра. При значительной роли сульфидов была выбрана схема коллективно-селективной флотации руд с получением медного, свинцового и цинкового, а в ряде случаев пиритного концентратов [12]. Для ряда месторождений эта схема является единственной, для других—она сочетается с гравитационно-флотационной схемой с получением гравитационного и коллективно-флотационного концентратов (Акмаева, 1975—1985) [4]. При этом, во избежание засорения полученных концентратов мышьяком и сурьмой, предлагается последующая переработка концентратов с целью их доизвлечения. Для месторождений с четко обособленными участками свинцово-сурьмяных руд (Азатек) намечается схема их коллективной флотации с получением

золотосодержащего коллективного свинцово-сурьмяного концентрата с его последующей гидрометаллургической переработкой с достаточно высоким извлечением как свинца и сурьмы, так и золота и серебра (Асланов, 1979).

Учитывая сложный состав руд месторождений золотополиметаллической формации, ряд общих черт в их минеральном составе и технологическом поведении, а также наличие свободных производственных мощностей на Араратской золотоизвлекательной фабрике, при промышленной типизации руд мы в основном руководствовались экономической целесообразностью и унифицированной типизацией с использованием гибких технологических схем, обеспечивающих чистоту товарной продукции и комплексное использование сырья. Такой подход дает возможность в сложных экономических условиях переработку руд различных месторождений производить в единой шихте (или при малом числе типов руд) на базовой обогатительной фабрике. Исходя из этого, в золотополиметаллический промышленный тип руд мы включили медно-золоторудный геолого-технологический тип (Арманис), а в золоторудный промышленный тип — золотомышьяковистый геолого-технологический тип (Сотк).

Категория окисленных руд представлена на Соткском, Тертерасарском и Марцигетском месторождениях. Окисленные руды представлены лимонитом, малахитом, купритом, церусситом, англезитом, смитсонитом, плюмбоярозитом и скородитом [3]. Для лимонит-малахит-купритовой разновидности окисленных руд Марцигетского месторождения характерны два технологических сорта с высоким содержанием свободного золота. Эти руды рекомендуется перерабатывать в шихте с сульфидными рудами по схеме гравитация + флотация (табл. 3). Лимонит-церуссит-англезит-смитсонитовая разновидность пока технологически не оценена и сортность не выделена [3]. Лимонит-церуссит-плюмбоярозит-скородитовая разновидность Тертерасарского месторождения представлена двумя технологическими (промышленными) сортами, которые не рекомендуется шихтовать с сульфидными рудами, так как в них содержание драгметаллов относительно сульфидных руд очень высокое. При степени окисления руд до 25—30% рекомендуется укороченная технологическая схема АрЗИФ, включающая гравитацию и флотацию с извлечением золота и серебра до 90—92%, а при степени окисления свыше 50% наблюдается резкое падение извлечения драгметаллов до 55—60%, что связано с составом рудовмещающих пород и интенсивным развитием каолинизации [3]. Для этого технологического сорта рекомендуется цианирование хвостов флотации с получением катодного осадка золота, т. к. обеспечивается повышение извлечения золота на 26—27% и серебра — на 18%. Полная технологическая схема Араратской золотоизвлекательной фабрики применяется также и для переработки соткских руд лимонит-гетитовой разновидности, обеспечивая высокие показатели извлечения. Обобщая вышесказанное, необходимо отметить следующее: промышленная типизация руд — это сложный и многоэтапный процесс, сопровождающий разведку месторождения. Каждому этапу соответствует конкретная стадия типизации и технологической зрелости руд. Для рудных формаций Армении выделяются промышленные руды двух категорий: сульфидная и окисленная. Сульфидный промышленный тип выделяется с учетом [формационной принадлежности месторождения] (природная минеральная разновидность), технологических особенностей обогащения (минералого-технологическая разновидность), горно-технических возможностей селективной отработки разновидностей руд (геолого-технологический тип), а также эконо-

Промышленная типизация руд месторождений золотополиметаллической формации Армении

Месторождения	Минеральный (природный) разнообразности руд	Минералого-технологические разнообразности руд	Геолого-технологический тип руд	Промышленный тип руд	Оптимальная схема обогащения Товарная продукция
1. Шаумянское	А. Халькопирит-сфалерит-галенитовая Б. Халькопирит-сфалеритовая	Золотополиметаллическая (А+В)	Сульфидный золотополиметаллический (А+В)	Сульфидный золотополиметаллический (А+В)	Коллективно-селективная флотация. Концентраты: медный свинцовый цинковый
2. Армянское	А. Халькопирит-сфалерит-галенитовая Б. Халькопиритовая	1. Золотополиметаллическая (А) 2. Медно-золоторудная (В)	1. Сульфидный золотополиметаллический (А) 2. Сульфидный медно-золоторудный (В)	Сульфидный золотополиметаллический (А+В)	Коллективно-селективная флотация. Концентраты: медный свинцовый цинковый
3. Марцигетское	А. Халькопиритовая Б. Халькопирит-сфалеритовая В. Сфалерит-галенитовая Г. Сфалеритовая Д. Пиритовая Е. Лимонит-малахит-купритовая Ж. Лимонит-деруссит-англезит-смитсонитовая	1. Медно-золоторудная (А) 2. Золотополиметаллическая (В+В'+Г+Д) 3. Окисленная лимонит-малахит-купритовая (Е) 4. Окисленная лимонит-деруссит-англезит-смитсонитовая (Ж). Технология переработки пока не разработана	1. Сульфидный медно-золоторудный (А) 2. Сульфидный золотополиметаллический (В+В'+Г+Д) 3. Окисленный лимонит-малахит-купритовый (Е)	1. Сульфидный медно-золоторудный (А) 2. Сульфидный золотополиметаллический (В+В'+Г+Д) 3. Окисленный лимонит-малахит-купритовый (Е) I-ый технологический сорт - смешанные руды. Степень окисления 15-20% II-ой технологический сорт. Степень окисления более 20%	Гравитация + флотация. Коллективно-селективная флотация. Концентраты: гравитационный, коллективно-флотационный, медный, свинцовый, цинковый Шихта с сульфидными рудами с обеспечением среднего содержания основного компонента в товарной руде Шихта с сульфидными I+5 в более с обеспечением основных технологических показателей
4. Меградорское	А. Халькопирит-сфалерит-галенитовая Б. Пиритовая	1. Золотополиметаллическая (А) 2. Золотоколчеданная (В)	Сульфидный золоторудный (А+В)	Сульфидный золоторудный (А+В)	Гравитация + флотация Концентраты: гравитационный, коллективно-флотационный
5. Аметское	А. Халькопирит-сфалерит-галенитовая Б. Пиритовая В. Пирит-арсенопиритовая Г. Пирит-арсенопиритовая с сфалеритом, галенитом и халькопиритом Г. Антимонит-сульфоантимонитовая	1. Золотополиметаллическая (А+В') 2. Золотоколчеданная (В+В) 3. Золото-свинцово-сурьмяная (Г)	1. Сульфидный золоторудный (А+В+В'+В'') 2. Сульфидный золото-свинцово-сурьмяный (Г)	1. Сульфидный золоторудный (А+В+В'+В'') 2. Сульфидный золото-свинцово-сурьмяный (Г)	Гравитация + флотация Концентраты: гравитационный, коллективно-флотационный (с последующей переработкой для доизвлечения мышьяка) Гравитация + флотация Концентраты: коллективный свинцово-сурьмяный (с последующей гидрометаллургической переработкой)
6. Марджанское	А. Сфалерит-галенитовая Б. Пиритовая	Золотополиметаллическая (А+В)	Сульфидный золотополиметаллический (А+В)	Сульфидный золотополиметаллический (А+В)	Гравитация + флотация Концентраты: гравитационный, коллективно-флотационный с дальнейшей селекцией (на свинцовый и цинковые концентраты) и последующей гидрометаллургической переработкой концентратов для извлечения сурьмы и мышьяка
7. Ачквез-Тейское	А. Халькопирит-сфалерит-галенитовая Б. Пиритовая В. Пирит-арсенопиритовая	1. Золотополиметаллическая (А+В) 2. Золотомышьяковистая (В)	Сульфидный золотополиметаллический (А+В+В')	Сульфидный золотополиметаллический (А+В+В')	Гравитация + флотация Концентраты: гравитационный, коллективно-флотационный (с последующей селекцией) медный, свинцовый, цинковый
8. Тертерасарское	А. Халькопиритовая с галенит-сфалеритом Б. Пирит-арсенопиритовая В. Магнетит-гематитовая Г. Лимонит-деруссит-плюмбозинт-скородитовая	1. Золотополиметаллическая (А+В) 2. Золотомышьяковистая (В) 3. Окисленная лимонит-деруссит-плюмбозинт-скородитовая (Г)	1. Сульфидный золоторудный (А+В+В') 2. Окисленная лимонит-деруссит-плюмбозинт-скородитовый (Г)	1. Сульфидный золоторудный (А+В+В') 2. Окисленная лимонит-деруссит-плюмбозинт-скородитовый (Г) I-ый технологический сорт. Степень окисления 25-30% II-ой технологический сорт. Степень окисления более 30%	Гравитация + флотация Концентраты: гравитационный, коллективно-флотационный Не шихтовать с сульфидными рудами Селективная переработка по схеме гравитация + флотация Гравитация + флотация + цианирование хвостов флотации. Катодный осадок золота.
9. Соляное	А. Пиритовая в метасоматитах Б. Пирит-арсенопиритовая в метасоматитах В. Антимонитовая в метасоматитах Г. Реальгар-аурипигментовая в метасоматитах Д. Пирит-галенит-сфалеритовая в кварц-порфировых дайках Е. Пиритовая в габбро Ж. Халькопирит-сфалерит-галенитовая в габбро З. Лимонит-гетитовая	1. Золотоколчеданная (А+Е) 2. Золотополиметаллическая (А+Ж) 3. Золотомышьяковистая с арсенопиритом (В) 4. Золотомышьяковистая с реальгар-аурипигментом (Г) 5. Золотосурьмяная (В) 6. Окисленная лимонит-гетитовая (З)	1. Сульфидный золотополиметаллический (А+Д+Е+Ж) 2. Сульфидный золотомышьяковистый (В+Г) 3. Сульфидный золотосурьмяный (В) 4. Окисленный лимонит-гетитовый (З)	1. Сульфидный золоторудный (А+В+В'+Г+Д+Е+Ж) 2. Окисленный лимонит-гетитовый (З)	Гравитация + флотация Для окисления руд + цианирование хвостов флотации Концентраты: гравитационный, коллективно-флотационный Катодный осадок золота

мической целесообразности и имеющихся технологических возможностей отдельной переработки типов руд (промышленный тип). Окисленный промышленный тип выделяется как технологический сорт на основании прямого технологического тестирования природных разновидностей окисленных руд. Смешанные руды рассматриваются в категории окисленных руд как технологический сорт.

2. Освоение промышленных типов руд месторождений меднорудной и медно-молибденовой формаций затруднений не вызывает, так как на Капанском, Каджаранском и Агаракском комбинатах действуют специализированные налаженные гибкие технологические схемы с учетом результатов промышленной типизации. Гораздо сложнее обстоит дело с освоением (переработкой) промышленных типов руд месторождений золотополиметаллической формации. В республике действует только одна золотоизвлекательная фабрика (гор. Арарат), специализированная на переработке руд золоторудного промышленного типа и их окисленных технологических сортов. Вышеизложенный материал свидетельствует о том, что руды месторождений золотополиметаллической формации имеют сложный состав и представлены многокомпонентными разновидностями и промышленными типами. При промышленной типизации мы в основном руководствовались экономической целесообразностью селективной переработки руд, имеющимися технологическими возможностями и наличием свободных мощностей на базовой обогатительной фабрике и поэтому пытались унифицировать типизацию применительно к реальным условиям и возможностям. Однако, для повышения комплексности использования золотосодержащих многокомпонентных руд Армении необходимо перевооружить Араратскую золотоизвлекательную фабрику, что даст возможность извлечь все промышленно ценные полезные компоненты и, вместе с тем, откорректировать промышленную типизацию руд.

Работа выполнена в рамках тем 93—159 и 96—430, финансируемых из госбюджета Республики Армения.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳՈՒՆԱՎՈՐ ԵՎ ԹԱՆԿԱՐԺԵՔ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՔԵՐԱԿԱՆ ՀԱՆՔԱՏԵՍԱԿԱՎՈՐՈՒՄԸ

Պ. Գ. Ալոյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում ամփոփված են Հայաստանի գունավոր և թանկարժեք մետաղների հանքավայրերի արդյունաբերական հանքատեսակավորման առաջին փորձի արդյունքները: Արդյունաբերական հանքատեսակավորումը արտահայտում է տարբեր երկրաբանա-տեխնոլոգիական տեսակների տարանջատ վերամշակման տնտեսական արդյունավետության նպատակահարմարության անհրաժեշտությունը, կամ էլ հիմնավորում է հանքատեսակների վերամշակումը մեկ շաղախում, ապահովելով պահանջվող տեխնոլոգիական ցուցանիշները:

Հայաստանի հանքային ֆորմացիաներում տարանջատվում են հանքաքարերի երկու արդյունաբերական տարատիպեր՝ սուլֆիդային և օքսիդացած: Սուլֆիդային տարատիպերն անջատվում են հանքավայրերի ֆորմացիոն պատկանելիության, հանքաքարերի հանքահարստացման հատկությունների, հանքահանույթի լեռնատեխնիկական պայմանների և լեռնա-հանքային արտադրության տնտեսավորման և տեխնոլոգիական հնարավորությունների հիման վրա, իսկ օքսիդացած տարատիպերի տարանջատումը տեխնոլոգիական սորտերի կատարվում է բնական միներալոգիական տարատեսակների անմիջական տեխ-

նույնպիսի տեսակավորմամբ: Ուսումնասիրվել են պղնձահանքային, պղինձ-մոլիբդենային և ոսկի-բազմամետաղային հանքային ֆորմացիաների շահագործվող, հետախուզվող և արդյունաբերական իրացման նախապատրաստված հանքավայրերը: Պղնձահանքային և պղինձ-մոլիբդենային ֆորմացիաների հանքավայրերի արդյունաբերական հանքատեսակների իրացումը տեխնոլոգիական բարդություններ չեն առաջացնում, քանզի Կապանի, Քաջարանի և Ագարակի կոմբինատներում գործում են մասնագիտացված ճկուն տեխնոլոգիական հոսքագծեր, որոնք կարգավորված են արդյունաբերական տեսակավորման արդյունքներից ելնելով: Ավելի բարդ է ոսկի-բազմամետաղային ֆորմացիայի հանքավայրերի հանքատեսակների վերամշակման գործը: Ներկայումս Հանրապետությունում գործում է մեկ ոսկեկորզիչ ֆաբրիկա, որը մասնագիտացված է ոսկեհանքային արդյունաբերական տեսակների և նրանց օքսիդացած տարատիպերի վերամշակման համար: Հողվածում բերված տվյալները վկայում են, որ Հայաստանի ոսկի-բազմամետաղային ֆորմացիայի հանքավայրերում տարանջատվում են բարդ բաղադրակազմ ունեցող բազմաբաղադրիչ արդյունաբերական հանքատեսակներ: Այդ պատճառով մենք հիմնականում ղեկավարվել ենք առկա տեխնոլոգիական հնարավորություններով, հանքատեսակների տարանջատ վերամշակման տնտեսական նպատակահարմարությամբ և առկա սղառարտադրական հզորությունների օգտագործման հեռանկարով, այսինքն, հաշվի ենք առել ներկայումս առկա իրական պայմանները և հնարավորությունները: Անկասկած, ոսկի-բազմամետաղային ֆորմացիայի հանքավայրերի հանքատեսակների համալիր օգտագործման նպատակով անհրաժեշտ է լուրջ տեխնոլոգիական վերազննում կատարել Արարատի ոսկեկորզիչ ֆաբրիկայում, որը հնարավորություն կտա ճշգրտել արդյունաբերական հանքատեսակավորումը:

COMMERCIAL CLASSIFICATION OF ORES OF NON-FERROUS AND PRECIOUS METALS DEPOSITS IN ARMENIA

P. G. Aloyan

Abstract

The paper generalizes the results of the first attempts for commercial classification of non-ferrous and precious metals' ores. Two categories of commercial ores, sulfide and oxygen ones, are distinguished for ore formations of Armenia.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян П. Г. Промышленная типизация и управление качеством руд на основе геолого-технологического картирования. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1994, XLVII, №1—2, с. 49—55.
2. Алоян П. Г. Количественная оценка технологических условий горно-рудного производства. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1995, XLVIII, №2—3, с. 94—104.
3. Алоян П. Г. Типизация и технологическая оценка окисленных руд месторождений Армении. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1996, XLIX, №1—3, с. 52—61.
4. Акмаева С. С., Магакян Н. И. Исследование вещественного состава и технологических свойств различных типов золотосодержащих руд с целью разработки рациональных схем их использования.—Тр. Армнипроцветмета, Ереван: 1985, с. 59—66.
5. Акмаева С. С., Магакян Н. И., Давтян А. А., Арутюнян Т. М. Геолого-технологическая типизация руд Тертерасарского месторождения.—Тр. Армнипроцветмета, Ереван: 1987, с. 58—62.
6. Амирян Ш. О., Фарамазян А. С. Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1974, 253 с.
7. Амирян Ш. О. Золоторудные формации Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1984, 303 с.

8. Арутюнян Т. М., Акопян А. Г., Давтян А. А. Геолого-технологическое картирование и промышленная типизация руд месторождений цветных металлов.—Тр. Армнипроцветмета, Ереван: 1988, с. 8—13.
9. Магакян И. Г. Опыт классификации рудных формаций СССР.—Геол. рудн. месторожд., 1967, №5.
10. Перваго В. А. Условия формирования и геолого-экономическая оценка промышленных типов месторождений цветных металлов. М.: Недра, 1983, 406 с.
11. Пилжян Г. О. Медно-молибденовая формация руд Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1975, 309 с.
12. Саградян А. Л. Обогащение руд Армении. Ереван: Изд. «Айастан», 1973, 326 с.

Известия НАН РА, Науки о Земле, 1997, Л, №3, 57—63

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОВТОРНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

© 1997 г. К. Б. Карапетян

*Ереванский архитектурно-строительный институт
375009 Ереван, ул. Теряна, 105, Республика Армения
Поступила в редакцию 18.06.97.*

Рассмотрено влияние на поведение зданий и сооружений повторяющихся сильных землетрясений интенсивностью ниже, равной и выше расчетной. Даны рекомендации по учету повторности сейсмического воздействия при расчетах на сейсмостойкость.

Здания и сооружения в сейсмических районах постоянно испытывают периодическое воздействие различной интенсивности землетрясений, проявляющихся в той или иной последовательности во времени. Однако, такое повторное воздействие на здания и сооружения, в основном, не учитывается. Но если оно и учитывается, то только от землетрясений расчетной интенсивности [9].

Изучение повторности сейсмического воздействия целесообразно проводить непосредственно при землетрясениях. Но поскольку такие исследования связаны с большими трудностями, в основном из-за редкого повторения сильных землетрясений в каждом конкретном сейсмоактивном регионе, естественно возникает необходимость изыскания других путей изучения повторности сейсмического воздействия. При этом также следует учитывать, что повторность сейсмического воздействия будет оказывать существенное влияние и на грунты оснований зданий и сооружений, особенно в случае сильных землетрясений.

В настоящей работе нами ставится совершенно новая, более общая задача по исследованию повторности сейсмического воздействия на здания и сооружения сильных землетрясений, повторяющихся с интенсивностью ниже, равной и выше расчетной. Работа состоит из двух разделов, в которых рассматриваются все эти три случая повторного сейсмического воздействия.

В первом разделе приводятся результаты изучения повторности сейсмического воздействия по приведенным сейсмическим ускорениям. При этом ставится задача—определить количество землетрясений меньшей интенсивности, приводящее к эффекту землетрясения большей, расчетной интенсивности. Для этого, в первую очередь, рассмотрены зависимости между интенсивностью и количеством циклов ма-