

553
С-28

А. М. СЕЧЕВИЦА

ГЕОЛОГО- ПРОМЫШЛЕННАЯ ОЦЕНКА

**ПОПУТНЫХ
ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ
В КОМПЛЕКСНЫХ
РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

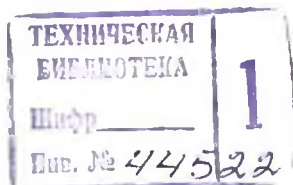
2004

553
С-28

А. М. СЕЧЕВИЦА

ГЕОЛОГО- ПРОМЫШЛЕННАЯ ОЦЕНКА

**ПОПУТНЫХ
ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ
В КОМПЛЕКСНЫХ
РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**



МОСКВА "НЕДРА" 1987

УДК 553.4.04.003.1

Сечевица А.М. Геолого-промышленная оценка попутных полезных ископаемых в комплексных рудных месторождениях. М.: Недра, 1987. — 128 с., с ил.

Предложена геолого-промышленная группировка попутных полезных ископаемых. Проанализированы предпосылки комплексного использования сырья. Сформулированы основные особенности разведки, принципы и критерии оценки различных групп попутных полезных ископаемых. Рассмотрены практические приемы калькулирования затрат и методика обоснования кондиций для комплексных руд, методы подсчета запасов попутных полезных ископаемых и способы учета экономического эффекта комплексного использования минерального сырья. Изложены вопросы расчета и планирования показателей уровня комплексного использования сырья, проблемы охраны недр и окружающей среды.

Для специалистов, занимающихся разведкой и оценкой комплексных рудных месторождений.

Табл. 8, ил. 4, список лит. — 40 назв.

Рецензент: Ю.А. Соколовский, канд. геол.-минер. наук (Всесоюзный научно-исследовательский институт минерального сырья)

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

Алексей Михайлович Сечевица

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ОЦЕНКА ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В КОМПЛЕКСНЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Редактор издательства Т.П. Мыскина

Обложка художника Г.И. Бронниковой

Художественный редактор Г.Н. Юрчевская

Технические редакторы Л.Н. Фомина, О.Н. Власова

Корректор Е.М. Федорова

Оператор Е.Е. Драгомирова

ИБ № 6464

Подписано в печать 12.08.86. Т — 13498. Формат 60×90 1/16. Бумага офсетная № 1. Набор выполнен на наборно-пишущей машине. Гарнитура "Универс" Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,0. Усл. кр.-отт. 8,25. Уч.-изд. л. 9,57. Тираж 1770 экз. Заказ 806/679-4. Цена 55 коп.

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра",
103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19

Тульская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли,
300600, г. Тула, проспект Ленина, 109.

1904050000 — 022

С 043 (01) — 87 137—87

© Издательство "Недра",
1987

Задачи всемерного повышения эффективности общественного производства, стоящие перед народным хозяйством СССР, требуют рационального и бережного отношения ко всем видам сырья, материалов, топлива, энергетическим ресурсам. Добыча минерального сырья в СССР возрастает каждые 10—15 лет примерно вдвое, доля его в структуре различных сырьевых ресурсов промышленности достигла 75—80 %, поэтому вопросы комплексного и наиболее эффективного использования минерально-сырьевых ресурсов приобретают в настоящее время особое значение.

Комплексное использование минерального сырья является основой экономии сырьевых ресурсов и обеспечивает значительную долю стоимости товарной продукции и прибыли в цветной металлургии, достигающую в отдельных подотраслях 40 %. Необходимость подобного подхода к применению минерального сырья обусловлена также снижением среднего содержания металлов в добываемой руде, относительным возрастанием промышленного значения руд бедного состава и многокомпонентных комплексных руд.

Предпосылки для комплексного использования минерального сырья создаются уже на стадии разведки и геолого-экономической оценки месторождений, когда изучается вещественный состав руд, определяются перечень, содержания и запасы ценных компонентов, а также намечаются пути их наиболее рационального и комплексного использования в процессе последующей переработки.

Задачи по изучению и подготовке минерально-сырьевой базы для комплексного использования исторически менялись. Примерно до начала 50-х годов исследования руд комплексного состава носили преимущественно геохимический характер. Проблемы комплексного использования сырья в специальном научно-практическом аспекте не рассматривались, а решались совместно с другими вопросами при разработке общегеологических проблем. Их актуальность отмечалась в трудах ведущих советских геологов — В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана, Д.И. Щербакова и др.

Широкая программа развития производительных сил, выдвинутая в "Законе о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг.", поставила перед советскими геологами новые задачи. В 50-е годы организуется систематическое изучение комплексных руд на редкие и рассеянные элементы с целью выяснения их возможной промышленной роли и учета запасов. На подавляющем большинстве месторождений, уже вовлеченных в эксплуатацию, были проведены ревизионные работы. Такие исследования осуществлялись специально созданными геохимическим трестом и тематическими партиями. На основе выполненных исследований было выявлено распределение редких и рассеянных элементов в комплексных рудах, разработана

методика их изучения в процессе разведки месторождений, определено промышленное значение различных типов руд как потенциальных источников редких и рассеянных элементов.

Решению поставленных задач во многом способствовали исследования лаборатории минералогии и геохимии редких элементов (ЛАМГРЭ), организованной в 1952 г. С 1956 г. вопросы геологии, геохимии и экономики редких и рассеянных элементов продолжают разрабатываться в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ).

В 1974 г. во Всесоюзном научно-исследовательском институте экономики минерального сырья и геологоразведочных работ (ВИЭМС) было создано специальное подразделение, занимающееся разработкой методики оценки комплексного минерального сырья и определения промышленного значения ресурсов попутных компонентов в рудах цветных металлов и различных видах нерудного сырья.

Организация фундаментальных исследований по геологии, геохимии и экономике редких и рассеянных элементов позволила поставить на научную основу планирование развития сырьевой базы редкометальной промышленности, тесно связанного с комплексным использованием сырья. Специализация и концентрация редкометального производства, которые являются важнейшими современными тенденциями комплексной переработки сырья, немыслимы без изучения распределения всех компонентов руд и знания законов формирования геохимических провинций, таких, например, как рениевая в медно-порфировых месторождениях, германиевая в углях и др. Однако почти до начала 60-х годов проблемы комплексного изучения, оценки и использования минерального сырья ограничивались преимущественно изучением качественного состава самих руд и лишь в отдельных случаях — совместно залегающих полезных ископаемых и вмещающих пород.

С конца 60-х — начала 70-х годов начался качественно новый этап комплексного изучения и использования минерального сырья в связи с бурным развитием горнодобывающей промышленности, огромным увеличением добываемой горной массы и попутным извлечением не только таких ценных компонентов самой руды, как редкие и рассеянные элементы, но и попутной добычей других совместно залегающих полезных ископаемых. Суммарная извлекаемая ценность попутно добываемых полезных ископаемых во много раз превосходит ценность второстепенных компонентов руд, себестоимость попутной добычи в 1,5–2 раза ниже, чем при их получении в специализированных мелких карьерах, а окупаемость затрат на добычу составляет 2–3 года.

Отличительная особенность современного этапа рационального использования минерального сырья — комплексный подход к решению этих проблем, начиная со стадии геолого-экономической оценки и до организации промышленного применения отходов.

В области геологии и разведки месторождений комплексных руд в настоящее время в достаточной степени разработаны методы опробования и изучения вещественного состава руд и совместно залегающих по-

лезных ископаемых, методы изучения корреляционных зависимостей и закономерностей распределения полезных компонентов в рудах, приемы оценки точности и достоверности подсчета запасов, методы определения основных подсчетных параметров, оконтуривания и подсчета запасов. Большое значение имели работы академика В.И. Смирнова, А.Б. Каждана, А.М. Быбочкина и многих других ученых-геологов. Постоянно совершенствуются методы геолого-экономической оценки месторождений и выявления эффективности геологоразведочных работ благодаря исследованиям академика М.И. Агошкова, Н.А. Хрущева, Т.А. Гатова, Л.П. Кобахидзе, С.Я. Кагановича, З.К. Каргажанова, Х.И. Мурсалимова и др.

В области экономики природопользования и рационального использования минерального сырья за последние 15—20 лет благодаря исследованиям академиков Т.С. Хачатурова, Н.В. Мельникова, Н.Ф. Федоренко, а также Т.А. Гатова, Ю.В. Яковца, А.С. Астахова и других видных ученых разработаны принципы оценки природных ресурсов и методы определения эффективности их использования.

В работах Г.Д. Кузнецова, В.Н. Лексина, А.Г. Токаревой, Т.А. Гатова, А.П. Снурникова, И.П. Жаворонковой, В.Н. Виноградова и многих других исследователей получили обоснование и развитие современные методы учета и калькулирования затрат в условиях комплексных производств, методика определения показателей эффективности, полноты и комплексности использования минерального сырья и другие вопросы, имеющие важное значение для оперативного анализа и управления экономикой комплексных производств.

С совершенствованием технологии и улучшением экономических показателей попутного производства постоянно расширяется число оплачиваемых компонентов не только в конечных товарных продуктах, но и в исходных видах сырья. Разрабатываются методы экономического стимулирования горнодобывающих и металлургических предприятий, бережно и рационально использующих сырье.

Несмотря на бесспорные достижения в области геологии и экономики минерального сырья, вопросам оценки попутных компонентов в комплексных месторождениях посвящены лишь отдельные, сравнительно немногочисленные исследования. К их числу можно отнести работы А.М. Быбочкина, Г.Г. Ключанского, В.Н. Виноградова, В.И. Тернового и некоторых других ученых. Однако имеющиеся исследования в этой области при всей их несомненной ценности, к сожалению, далеко не всегда могут служить практическим расчетным целям экономической оценки запасов попутных компонентов. В последние 10—15 лет по целому ряду причин образовался значительный разрыв между уровнем технико-экономических исследований в добывающей и особенно металлургической промышленности и их использованием для оценки ресурсов попутных компонентов в комплексном сырье. В данной работе предпринята попытка восполнить пробел в этой области и разработать практические рекомендации по учету стоимостных показателей получения попутных компонентов при разработке кондиций и оценке запасов комплексного

минерального сырья. Главное внимание уделено практическим приемам калькулирования затрат, обоснованию принципов подсчета и оценки запасов попутных компонентов, разработке методики расчета минимально допустимых содержаний попутных компонентов, методам учета экономического эффекта от комплексного использования минерального сырья при обосновании кондиций.

Настоящая работа выполнена в результате исследований, проводившихся автором на предприятиях медной, цинковой, свинцовой, молибденовой и алюминиевой подотраслей цветной металлургии СССР, работающих на базе месторождений Урала, Казахстана, Кавказа, Средней Азии, Алтая, северо-запада европейской части СССР.

Автор выражает признательность за ценные советы при обсуждении вопросов комплексного использования минерального сырья М.И. Агошкову, М.Н. Денисову, Н.А. Хрущову, Ю.А. Киперману, С.Я. Кагановичу, А.Я. Кацу, В.С. Дегтяреву, С.В. Калюжному, а также сотрудникам сектора комплексного использования минерального сырья ВИЭМСа.

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Значение минерального сырья в структуре сырьевого обеспечения промышленности и сельского хозяйства неуклонно возрастает. Если в 1965 г. стоимость продукции горнодобывающей промышленности составляла 10,2 млрд. руб., то в 1970 г. она увеличилась до 23 млрд. руб., а в 1983 г. — до 50,5 млрд. руб. По отношению к стоимости продукции всей добывающей промышленности доля продукции горнодобывающих отраслей составляла в 1965 г. — 62,1 %, в 1970 г. — 69 %, а в 1983 г. — 74,5 % [18]. Таким образом, в 1983 г. стоимость продукции горнодобывающей промышленности возросла по сравнению с 1965 г. более чем в 3 раза, в то время как стоимость всей продукции промышленности и в том числе ее обрабатывающих отраслей увеличилась немногим больше чем в 2 раза.

Наряду с добычей основных видов полезных ископаемых увеличивается добыча и извлечение из минерального сырья попутных компонентов, стоимость которых в товарной продукции отдельных подотраслей цветной металлургии составляет от 20 до 40 %, а в отдельных случаях и больше. За счет комплексного использования минерального сырья обеспечивается до 60 % прибыли отдельных комплексных производств, а рентабельность получения попутных компонентов, как правило, выше рентабельности основного производства.

Возрастание экономического значения комплексного использования минерального сырья и необходимость учета экономических показателей попутных производств при оценке комплексных месторождений требуют четкого определения понятия "попутных полезных ископаемых", их группировки и выделения процессов, связанных с комплексным использованием минерального сырья, из более широкого круга мероприятий по рациональному использованию хозяйственных резервов производства.

Глава 1. РАЦИОНАЛЬНОЕ И КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЫРЬЯ, ПОНЯТИЕ ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Все месторождения цветных металлов, если их рассматривать как совокупность собственно рудных образований, рудовмещающих, обычно измененных околорудными процессами, пород и отложений, относимых к "породам вскрыши", являются комплексными, содержащими ряд ценных полезных ископаемых. В процессе их разработки могут быть извлечены значительные количества рудных и нерудных полезных ископаемых: бедных или окисленных руд, золотосодержащих кварцитов, используемых в качестве флюсов, бокситов, мела, мергелей и известня-

ков для химической и цементной промышленности, пород вскрыши для производства строительных материалов и т. д.

При обогащении руд наряду с концентратами основных рудообразующих минералов могут быть получены концентраты второстепенных минералов (цинковый, баритовый, нефелиновый, апатитовый, флюоритовый, молибденовый, вольфрамовый), а также ценные промпродукты (молибденовый, висмутовый и др.). В процессе металлургической или химической переработки концентратов основных металлов образуются полупродукты и отходы (шламы, кеки, пыли, вельцоокислы, маточные растворы, содержащие целую гамму так называемых "рассеянных" элементов).

Уже поэтому, т. е. в силу значительного разнообразия возможных ценных компонентов, проблема комплексного использования минерального сырья может рассматриваться с самых разных позиций. Традиционным является подход, при котором в понятие комплексного использования минерального сырья включают оценку возможного промышленного значения всех видов товарных продуктов и отходов производства, которые могут быть получены при его использовании. При этом, однако, в пределах одного понятия могут объединяться совершенно разнородные виды ресурсов, процессов и показателей как связанных с использованием свойств и качеств самого сырья (извлечение ценных его компонентов, использование теплоты сгорания сульфидной серы при автогенной плавке и т. д.), так и не связанных с особенностями его состава и свойств. Поэтому в настоящее время различают процессы "рационального" и "комплексного" использования минерального сырья [8].

Под рациональным использованием сырья понимают "... общее повышение объема и потребительной стоимости продукции, получаемой из единицы ресурса вне зависимости от вида и направления использования этой продукции" [8]. Рациональным использованием сырья в указанном смысле является утилизация производственных отходов сложного состава, которые возникают в результате переработки многокомпонентной шихты. К этой группе следует отнести, например, использование для получения цемента нефелиновых шламов глиноземного производства, формирующихся после спекания и выщелачивания одной части нефелинового концентрата и двух-трех частей извести, а также извлечение соды и поташа из поташных маточных растворов сложного состава. Шламы и маточные растворы содо-поташного производства являются "техногенными" продуктами, образующимися только в результате совместной переработки нескольких исходных видов сырья. Подобный многокомпонентный состав имеют силикатные шлаки, клинкер, "пески", огарки и некоторые другие виды отходов металлургического производства. Очевидно, что использование тепла расплавленных шлаков, тепла отходящих газов, применение силикатных шлаков сложного состава для производства брусчатки, отделочных и других строительных материалов служат примерами рационального хозяйственного использования свойств и качеств сложных продуктов передела сырья.

В отличие от этого комплексным использованием сырья следует

считать попутную добычу из недр, извлечение из руд или продуктов их передела тех полезных ископаемых и компонентов, которые по условиям образования, т. е. генетически, присущи оцениваемым видам сырья, характеризуются в них определенными геолого-экономическими параметрами (запасы, содержания, потенциальная и извлекаемая ценности и др.) и могут быть оценены в этих видах сырья в соответствии с показателями их попутного получения.

Некритическое употребление понятий рационального и комплексного использования сырья может значительно затруднить возможность определения действительной эффективности комплексного использования сырья. Необоснованное привлечение показателей, относящихся к более широкому кругу явлений "рационального" использования сырья, приводит к неопределенности или ошибкам в экономической оценке запасов попутных компонентов в комплексных рудах.

Рациональное использование сырья имеет бесспорное экономическое значение, особенно в области поиска хозяйственных резервов предприятий и производств добывающей и металлургической промышленности. Однако выявление и анализ действительных экономических результатов извлечения отдельных компонентов руд подменяются при этом использованием результирующих показателей хозяйственной деятельности. В то же время с точки зрения геолого-экономической оценки месторождений технико-экономические показатели использования сырья нужны не столько как средство для решения хозяйственных вопросов, сколько для совершенно определенных целей оценки потенциальных ресурсов полезных ископаемых в недрах, расчета кондиций и подсчета запасов на экономической основе. Эта задача становится особенно важной в случае сложных многокомпонентных руд, требующих комплексной переработки и соответственно оценки эффективности получения каждого из компонентов. Очевидно, что при этом должны использоваться показатели, обусловленные только составом и свойствами самого минерального сырья, а также достигнутой эффективностью его переработки.

Все ценные компоненты комплексных месторождений могут вовлекаться в процесс совместной добычи или переработки на том или ином переделе. Однако одни из них при этом могут иметь самостоятельное промышленное значение и быть объектами самостоятельной разведки и оценки. Например, всегда совместно разведываются и добываются основные компоненты медно-молибденовых, свинцово-цинковых, медно-цинковых, апатит-нефелиновых и многих других руд, так как в подавляющем большинстве случаев различия между ними заключаются только в величине извлекаемой ценности. В этом случае второстепенные по значению компоненты — медь в медно-молибденовых рудах, свинец в полиметаллических и др. — оцениваются с тех же позиций, что и основной, преобладающий по ценности в данной руде компонент. Совместная добыча и переработка таких полезных ископаемых улучшает общие технико-экономические показатели, положительно влияет на оценку общих запасов и способствует более полному и рациональному использованию минерального сырья. Указанные компоненты равноценны в отношении

уровня и критериев оценки, и вопрос об учете их взаимного влияния при обосновании кондиций и подсчете запасов обычно не вызывает затруднений. Этому способствует также и то, что показатели извлечения компонентов, их себестоимости и цены хорошо сбалансированы.

В последние годы при разведке сравнительно бедных медно-порфировых месторождений выявлены участки с очень сложным незакономерным распределением молибденового оруденения внутри медного, и наоборот, что значительно усложняет разведку и оценку таких месторождений. Однако в большинстве случаев для компонентов указанных комплексных месторождений приемы проведения соответствующих расчетов, а также требования по полноте и представительности исходных технологических, геологических (опробование, расчет средних оценочных параметров), горно-технических показателей общеизвестны.

С другой стороны, имеется довольно обширная группа ценных компонентов в комплексных месторождениях, которые практически никогда не являются объектами самостоятельной разведки и оценки и могут быть получены только в виде попутных продуктов обогатительного или металлургического передела. Методы их оценки, для проведения которой необходимы специальные минералогические, технологические и экономические исследования, довольно значительно отличаются от приемов оценки запасов основных компонентов. Запасы этих компонентов обычно не геометризуются, а определяются статистически или иным способом в пределах контура балансовых запасов основных компонентов. К этой группе ценных компонентов относятся прежде всего рассеянные элементы: селен, теллур, индий, германий, таллий и рений — в рудах медноколчеданных, колчеданно-полиметаллических, свинцово-цинковых, медно-порфировых месторождений и залежах медистых песчаников, скандий — в оловянных рудах и бокситах, галлий, рубидий и цезий — в нефелиновом сырье алюминиевой промышленности. Кроме того, в эту группу включают так называемые редкие элементы: кадмий, сурьму и ртуть в медноколчеданных и полиметаллических рудах, кобальт и ванадий — в железорудном сырье, ванадий — в бокситах. Все рассеянные и некоторые редкие элементы хотя и широко распространены, но практически никогда не формируют скоплений, имеющих самостоятельное промышленное значение. В процессе геологического изучения руд, содержащих указанные элементы, требуется проведение специальных минералого-геохимических исследований, позволяющих установить их содержание и распределение как в самой руде, так и в отдельных рудообразующих минералах. Технологическая возможность извлечения этих элементов зависит от того, в какие продукты передела и отходы основного производства они переходят и в какой степени концентрируются в них. Наконец, для определения экономической целесообразности извлечения компонентов необходимо осуществить калькулирование издержек производства по специальной методике, так как уровень оценки редких и рассеянных элементов отличается от уровня оценки основных компонентов. Этим обусловлены и некоторые методические особенности обоснования минимально допустимых содержаний редких и рассеянных элементов.

Таблица 1

Средние содержания элементов в земной коре, %. По А.А. Саукову

Элемент	Ф. Кларк и Х. Вашингтон	А.Е. Ферсман	А.П. Виноградов
Медь	0,01	0,01	$4,7 \cdot 10^{-3}$
Свинец	$2 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Цинк	0,004	0,02	$8,3 \cdot 10^{-3}$
Сера	0,048	0,10	$4,7 \cdot 10^{-2}$
Молибден	$n \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Вольфрам	$5 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Алюминий	7,51	7,45	8,05
Кадмий	$n \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Ртуть	$n \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$8,3 \cdot 10^{-6}$
Мышьяк	$n \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$
Сурьма	$n \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$
Индий	$n \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Селен	$n \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$
Теллур	$n \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
Германий	$n \cdot 10^{-9}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Рений	—	$1 \cdot 10^{-7}$	$7,0 \cdot 10^{-8}$
Галлий	$n \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$
Рубидий	$n \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$
Цезий	$n \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$
Скандий	$n \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Таллий	$n \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$

По уровню среднего содержания в земной коре многие элементы, находящиеся в группе "основных" и "второстепенных", близки между собой (табл. 1). Так, по А.П. Виноградову, сопоставимы значения средних содержаний германия и вольфрама. Галлий, рубидий, цезий, скандий и таллий близко по уровню средних содержаний к свинцу и молибдену. Кларки ртути и сурьмы, наоборот, приближаются к средним содержаниям типичных рассеянных элементов — селена, теллура, индия и рения, т. е. по средним содержаниям элементов в земной коре различия между "основными" и "попутными" компонентами достаточно условны. Тем не менее процессы концентрации, приводящие к формированию самостоятельных месторождений, нехарактерны для большинства редких и рассеянных компонентов. В мировой практике отмечены лишь единичные случаи значительной концентрации рассеянных элементов в месторождениях, когда они приобретают самостоятельное промышленное значение (например, концентрация германия в полиметаллических месторождениях Кипуши и Тсумб в Африке, индия и германия — в некоторых месторождениях СССР).

Однако главное отличие редких и рассеянных элементов как попутных

компонентов руд заключается в том, что их извлечение невозможно ни на стадии добычи, ни на стадии обогащения. Лишь с получением полу-продуктов и отходов основных переделов, обогащенных тем или иным элементом, извлечение их становится технически возможным и экономически целесообразным. Только начиная с этого момента предусматриваются технологические операции и производятся затраты живого и овеществленного труда, специально направленные на извлечение рассеянных и редких металлов. С экономической точки зрения это отличие рассеянных элементов проявляется в их оценке в подавляющем большинстве случаев в продуктах передела и по предстоящим затратам. С развитием научно-технического прогресса и повышением достоверности разведки запасов попутных компонентов указанное различие будет постепенно изживаться, но в настоящее время в концентратах оплачивается только кадмий и при особо высоких содержаниях — индий и рений. Вопрос об уровне оценки попутных компонентов будет рассмотрен в специальном разделе. Здесь следует лишь отметить, что при технико-экономическом обосновании целесообразности извлечения попутных компонентов и подсчете их запасов на геолого-экономической основе на стадии разведки необходимо также специальное обоснование уровня оценки компонентов и метода калькулирования затрат.

Кроме редких и рассеянных элементов из руд цветных металлов в качестве попутных компонентов в значительных количествах могут извлекаться сера, золото и серебро, а из медно-никелевых руд — платина и платиноиды.

В меньшей степени попутный комплексный характер производства выражен для элементов, извлекаемых при обогащении в концентраты или промпродукты (сера, барий и др.). Однако, как и для рассеянных элементов, в этом случае попутные продукты также получают только в условиях комплексного обогатительного производства, что обуславливает уровень их оценки в продуктах обогащения. Их извлечение, как и других попутных компонентов, становится экономически возможным только при условии отнесения значительной части общих расходов по добыче и обогащению на один или несколько основных компонентов.

Породы вскрыши и совместно залегающие полезные ископаемые, извлечение которых в промышленных масштабах может быть рационально только при условии их попутной добычи, также обладают всеми типичными экономическими признаками компонентов попутного производства. Даже если заведомо известно возможное промышленное значение тех или иных пород, специальная блокировка их запасов для планирования отработки обычно не производится. Возможна их селективная добыча, которая, однако, определяется организацией и последовательностью работ по добыче основных полезных ископаемых.

Несмотря на разнообразие видов попутных компонентов, условий их залегания в комплексных месторождениях или распределения в рудах, обуславливающих особенности их разведки и оценки, каждый из попутных компонентов представляет собой полезное ископаемое, учитываемое соответствующим видом балансов запасов. Поэтому при всем свое-

образии в выборе уровня и показателей оценки никакие суммарные экономические показатели не могут быть использованы для оценки запасов каждого из элементов. Учет суммарного экономического эффекта от извлечения комплекса попутных компонентов необходим для оценки месторождения в целом, но недостаточен для выделения балансовых и забалансовых запасов каждого из компонентов на экономической основе. Указанное требование не меняется и в том случае, когда вопрос оценки запасов попутных компонентов приобретает сложный межотраслевой характер. Например, некоторые элементы могут передаваться в скрытой (латентной) форме в составе черновой меди или штейна другим предприятиям (германий, селен и теллур, попутное золото и серебро в медных рудах) или даже отраслям (селен в составе элементарной серы из богатых медных руд для предприятий Минхимпрома СССР, рений в молибденовом концентрате для Минчермета СССР и др.). Для оценки их запасов в исходном сырье необходимо использовать технико-экономические показатели смежных предприятий и отраслей. В противном случае оценка экономической эффективности комплексной переработки сырья и целесообразности извлечения каждого из компонентов будет неполной.

Как видно из изложенного, сущность попутных полезных ископаемых (компонентов) как объектов разведки и оценки в составе комплексных руд и месторождений определяется совокупностью нескольких факторов. Главными из них являются следующие:

1) особенности распределения и концентрации в составе комплексных месторождений или их руд, не позволяющие в большинстве случаев геометризовать запасы и вести самостоятельную их разведку и селективную добычу;

2) возможность оценки запасов компонентов, имеющих второстепенное экономическое значение и извлекаемых попутно при добыче или переделе сырья, по уровню предстоящих затрат на их получение (однако в случае необходимости организации селективной добычи попутных полезных ископаемых или извлечения попутных компонентов в селективные концентраты может учитываться и часть расходов по добыче или обогащению — см. гл. 6);

3) необходимость оценки промышленного значения попутных полезных ископаемых (компонентов) только в месторождениях, целесообразность освоения которых определена по основному компоненту.

Таким образом, к категории попутных полезных ископаемых следует относить такие компоненты руд (редкие, рассеянные и редкоземельные элементы), второстепенные рудные и нерудные минералы, а также совместно залегающие минеральные комплексы, которые в каждом конкретном случае оценки запасов не имеют самостоятельного промышленного значения. Они могут быть добыты из недр или извлечены из руды на рациональной экономической основе только при наличии в оцениваемом месторождении основного или группы основных компонентов, определяющих экономическую целесообразность переработки сырья и освоения месторождения в целом.

Вследствие того что любые виды попутных компонентов (включая породы ескрыши), несмотря на их второстепенное экономическое значение, подсчитываются и учитываются балансами запасов как самостоятельные полезные ископаемые, они должны оцениваться в недрах в соответствии с технико-экономическими показателями получения каждого из них. С увеличением масштабов добычи и возрастанием объемов попутного производства увеличивается необходимость анализа и учета особенностей оценки запасов попутных полезных ископаемых в зависимости от их принадлежности к той или иной группе по классификации ГКЗ СССР [31].

Глава 2. ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

В настоящее время выделяются три группы предпосылок, которыми обусловлены современные масштабы, научно-технический уровень и технико-экономические показатели комплексного использования сырья.

К первой группе относятся предпосылки, связанные с тенденциями резкого возрастания потребности в минерально-сырьевых ресурсах. Увеличение абсолютных объемов добычи минерального сырья и его удельного веса в структуре сырьевой базы промышленности определяется расширением промышленного производства не только в передовых, индустриально развитых странах, но и в развивающихся государствах, все в большей степени использующих сырье с целью развития национальной экономики. Возрастание масштабов добычи основных компонентов неизбежно ведет к увеличению объемов извлекаемых из недр совместно залегающих полезных ископаемых и ценных второстепенных компонентов рудного сырья.

По оценке академика А.В. Сидоренко, А.А. Арбатова, Г.А. Мирлина и других ученых за последние 100 лет во всем мире добыто около 25 млрд. т железной руды, 137 млрд. т угля, 47 млрд. т нефти, 20 трлн. м³ газа, миллиарды тонн строительных материалов и других видов полезных ископаемых [28]. Неуклонно увеличивается потребление энергии: с начала XX в. оно возросло в 12 раз. Добыча энергетических видов сырья и в их числе нефти и газа увеличивается особенно быстро в связи с возрастанием их роли в топливно-энергетическом балансе передовых промышленно развитых стран.

По прогнозным оценкам количество добываемого минерального сырья может увеличиться к 2000 г. в 2—3 раза. Согласно данным А.В. Сидоренко, Н.А. Быхова и других исследователей, даже при имеющейся тенденции замедления темпов роста добычи важнейших видов полезных ископаемых с 1975 г. до 2000 г. будет добыто угля около 85—90 млрд. т, железной руды 25—28 млрд. т, нефти 75—80 млрд. т, газа 40—50 трлн. м³, что для железа и угля примерно равно добыче за предыдущие 100 лет, а для нефти и газа — в 2 раза больше указанного выше их мирового производства за столетие.

В Советском Союзе по оценке академика Н.В. Мельникова [10] темпы роста добычи угля, марганцевых, железных и других руд и особенно фосфоритов, калийных солей, нефти и газа значительно выше средних мировых показателей и имеется устойчивая тенденция их роста.

В мировой добыче минерального сырья доля СССР достигает 25 %, а по целому ряду полезных ископаемых, таких как уголь, железные и марганцевые руды, калийные соли, фосфатное сырье, плавиковый шпат и другие, Советский Союз занял ведущее место в мире. Общий объем добываемого в СССР сырья к 2000 г., если исходить только из средних темпов роста добычи, составит не менее 10—12 млрд. т [27]. Одновременно с добычей полезных ископаемых ежегодно извлекается из недр (включая шахтные отвалы) около 12—15 млрд. т вмещающих и вскрышных пород. Из общего объема добываемой горной массы на долю полезных утилизируемых компонентов (собственно металлы и нерудное сырье) приходится только несколько процентов.

Вопросы комплексного и наиболее эффективного использования минерального сырья в СССР приобретают особое значение в связи с ведущей ролью собственной минерально-сырьевой базы в обеспечении важнейших отраслей народного хозяйства сырьем и топливом. Доля минерального сырья в структуре различных сырьевых источников промышленности СССР неуклонно возрастает. На основе использования минерального сырья производится 90 % продукции тяжелого машиностроения и 17 % предметов потребления [27]. За последние 20 лет население СССР увеличилось на 22 %, а потребление различных видов минерального сырья и продуктов его переработки возросло от 2 до 10 раз (некоторых и более).

Ускоренные темпы развития добычи и переработки минерального сырья позволили Советскому Союзу занять первое место в мире по производству стали, чугуна, кокса, цемента, минеральных удобрений и опередить ряд стран по добыче железных, марганцевых и хромитовых руд, угля, нефти, калийных солей и фосфатного сырья.

Несмотря на интенсивное развитие добычи минерального сырья, запасы полезных ископаемых за последние 20 лет не только не уменьшились, но и значительно возросли в результате успешно проведенных геологоразведочных работ. Все это требует значительных материальных затрат. В отрасли горнопромышленного производства направляется примерно 30 % капиталовложений в промышленность. В них сосредоточено около 30 % основных фондов и работает 18 % трудящихся СССР. Фондоемкость в добывающей промышленности в 3,8 раза превышает фондоемкость обрабатывающей промышленности [8].

Увеличение масштабов попутного производства и возрастание его относительного значения требуют постоянного геолого-экономического анализа проблем комплексности на всех стадиях производства, начиная от изучения минерально-сырьевой базы и до получения отдельных видов попутной товарной продукции.

Вторая группа предпосылок комплексного использования минераль-

ного сырья связана с уровнем современных научно-технических достижений в этой области.

В основе рационального и комплексного использования минерального сырья в первую очередь лежит его детальное изучение. Уже отнесение месторождения на самых ранних стадиях разведки к тому или иному промышленному типу позволяет достаточно обоснованно судить и о возможном составе основных и попутных компонентов, подлежащих изучению. В области геологии и разведки месторождений комплексных руд в настоящее время в достаточной степени разработаны методы опробования, изучения вещественного состава руд, совместно залегающих полезных ископаемых, а также закономерностей распределения полезных компонентов в рудах, приемы оценки точности и достоверности подсчета их запасов. Значительным успехом в этой области следует считать разработку по инициативе ГКЗ СССР единых требований к подсчету и учету запасов попутных компонентов в зависимости от их принадлежности к той или иной группе.

Научно-технический прогресс в области комплексной переработки и полноты использования минерального сырья в определенной мере характеризуется также ростом числа извлекаемых компонентов. По данным А.П. Снурникова [29], на предприятиях цветной металлургии в 1940 г. извлекалось всего 24, в 1960 г. — 63, а в настоящее время уже 74 элемента, 62 из которых получают попутно. Рост числа извлекаемых компонентов и увеличение доли их стоимости в общей ценности продукции цветной металлургии требуют неуклонного повышения требований к полноте изучения и обоснованности экономической оценки запасов попутных полезных ископаемых.

Однако исследования показывают, что при оценке комплексного минерального сырья еще в недостаточной степени учитываются потенциально ценные компоненты. Даже в месторождениях одного и того же промышленного типа и при наличии тесных корреляционных связей между содержаниями основного и попутных компонентов отмечается недостаточная и неодинаковая степень изученности и учета попутных компонентов. Отношение ценности учитываемых в запасах попутных компонентов к ценности всех компонентов, подлежащих учету, составляет (в %): в медной подотрасли 75,4, в сурьмяной 31,5, свинцово-цинковой 72,9, молибденовой 14,2, вольфрамовой 55,1, оловянной (без россыпей) 49,3.

Запасы попутных компонентов погашаются в недрах пропорционально добыче основных металлов. Однако извлечение в товарную продукцию для всех попутных компонентов резко отстает по сравнению с основными компонентами. Так, соотношение ценности основных (числитель) и попутных (знаменатель) компонентов на молибденовых (I), медных (II) и полиметаллических (III) месторождениях следующее.

	I	II	III
Потенциальная ценность, %	83,6/16,4	54,8/45,2	28,3/71,7
Извлекаемая ценность, %	99,2/0,8	69,1/30,9	36,2/63,8

Очевидно, это обусловлено как недостатками разведки и оценки месторождений, т. е. недостаточно обоснованным включением тех или иных компонентов в число ценных, так и упущениями в организации комплексной переработки сырья.

Рост числа извлекаемых компонентов, а также повышение полноты их извлечения даже при имеющейся устойчивой тенденции снижения средних содержаний элементов в рудах обусловлены совершенствованием технологии комплексных производств. Совершенствуются методы рафинирования цветных металлов, улучшаются системы пылеулавливания и газоочистки, широко применяется вельцевание пылей с последующим извлечением ценных компонентов из возгонов и газовой фазы. Для редких и рассеянных элементов комбинируют пирометаллургические и гидрометаллургические способы извлечения с использованием сорбционно-экстракционных методов, ионообменных смол и т. д. Повышается общее извлечение элементов из маточных растворов в молибденовой и алюминиевой подотраслях цветной металлургии.

Вместе с тем, несмотря на непрерывное улучшение технико-экономических показателей добычи и передела сырья, ущерб только от сверхнормативных потерь полезных ископаемых в недрах по оценке академика М.И. Агошкова достигает 1,5 млрд. руб. ежегодно. Извлечение большинства редких и рассеянных элементов из концентратов в конечную товарную продукцию составляет первые десятки процентов и значительно отстает от извлечения основных компонентов. Извлечение цинка из колчеданно-полиметаллических руд в цинковый концентрат за последние годы повысилось с 57 % только до 62 %. Объем утилизируемых пород вскрыши по отношению к общему объему извлекаемой горной массы составляет всего 2—3 %.

Рост числа учитываемых в сырье и извлекаемых в товарную продукцию элементов и повышение уровня их извлечения сопряжены со все возрастающими трудностями.

По мнению В.Н. Лексина и А.Г. Токаревой, современное состояние комплексного использования минерального сырья характеризуется достижением определенного предела, существенно превзойти который можно лишь на принципиально иной основе. Основанием для подобного заключения явился анализ возможностей повышения эффективности комплексного использования минерального сырья за счет интенсификации существующих способов обогащения и металлургического передела руд. По заключению упомянутых авторов при существующих методах переработки сырья максимально возможное доизвлечение ценностей, включая рост извлечения основных и всех попутных компонентов, не превысит 16 %. Основные фонды предприятий должны быть увеличены при этом примерно на треть.

Указанный вывод базируется на количественных расчетах и является достаточно обоснованным преимущественно для основных и лишь для некоторой части попутных компонентов. Однако для большей части таких попутных компонентов, как редкие и рассеянные элементы, попут-

ные полезные ископаемые во вскрыше и вмещающих породах, направляемые на производство различных строительных материалов, не учитывается возможность структурных сдвигов в организации сырьевого обеспечения редкометалльных и других видов производства. Многие виды редкометалльных производств уникальны, резко отличаются друг от друга по исходным видам сырья, полупродуктов, технологии и организации производства. Как показали расчеты, на предприятиях цветной металлургии СССР технико-экономические показатели получения одних и тех же элементов могут резко отличаться [12].

В силу сложного комбинированного характера попутного производства выявить и систематизировать приемлемые для геолого-экономической оценки запасов попутных компонентов показатели можно только на основе сложных специальных расчетов. Например, селен извлекается при переработке пиритного, медного, цинкового и свинцового концентратов, а также богатых медных руд, направляемых в передел без обогащения. При этом в качестве обогащенных селеном полупродуктов получают соответственно конденсат мокрых электрофильтров сернокислотного производства, шламы электролиза меди, селено-ртутные и ртутно-селенистые шламы цинкового производства, пыли агломерации, плавки и конвертирования свинцового производства. Кроме того, селен извлекается на предприятиях Минхимпрома СССР из пиритных концентратов при их обжиге в печах кипящего слоя (печи КС), механических печах, а также из элементной серы.

Таким образом, селен извлекается в семи производствах четырех подотраслей по двенадцати различным технологическим схемам. Очевидно, что за счет изменения структуры сырьевого обеспечения селенового производства, выбора наиболее совершенных технологических схем и оптимизации объемов производства селена из разных сырьевых источников могут быть значительно улучшены средние технико-экономические показатели его получения в современных условиях без значительных дополнительных капиталовложений либо только за счет их перераспределения. Использовать какие-либо усредненные показатели, например роста извлечения, изменения себестоимости, прироста извлекаемой ценности и т. п., для большинства попутных (и целого ряда основных) компонентов неправомерно именно в силу чрезвычайной сложности структуры сырьевого обеспечения их производства.

Для ряда попутных компонентов положение дополнительно осложняется тем, что они образуют целые комплексы совместно извлекаемых элементов. Например, в медном производстве совместно с селеном из шламов электролиза меди извлекаются теллур, золото и серебро в сплаве, в цинковом — кадмий, селен, теллур, ртуть; из медных концентратов медно-порфиновых руд — рений, селен, теллур, золото, серебро и т. д. Следовательно, вопросы оптимизации технико-экономических показателей попутного (и связанного с ним основного) производства могут решаться только на основе дифференцированного определения технологических и стоимостных показателей извлечения элементов из всех

видов исходного сырья. На современном этапе исследований возможны выявление и систематизация в результате специальных расчетно-исследовательских работ технико-экономических показателей извлечения попутных компонентов [12], нормирование достигнутого их уровня для отдельных регионов и промышленных типов месторождений [15], а также постановка задачи по оптимизации комплексных производств в общей форме на основе принципов и дифференцированных показателей их оценки.

Таким образом, в области комплексного использования сырья в настоящее время задача состоит не столько в увеличении числа извлекаемых компонентов при сохранении разнообразия источников сырья и технологических схем его комплексного использования, сколько в определении перспективных сырьевых источников получения попутной продукции и наиболее эффективных способов ее производства с развитием кооперирования и специализации, ограничением мелких нерентабельных производств. Это позволит значительно изменить структуру сырьевых источников и способов производства многих попутных компонентов, за счет чего может быть повышена эффективность их получения без принципиальных изменений существующей технологии.

Предпосылки первой и второй групп, обусловленные ростом объемов производства и научно-техническим прогрессом в области комплексного использования минерального сырья, тесно связаны с экономическими предпосылками, относимыми к третьей группе. Экономические предпосылки определяются прежде всего экономической заинтересованностью предприятий в извлечении тех попутных компонентов, расходы на добычу которых из недр, а также на извлечение их в концентраты или полупродукты могут быть полностью или частично отнесены на основной компонент, за счет чего может быть обеспечена значительная (до 50 % в отдельных подотраслях) доля прибыли по комплексному производству в целом. Кроме того, при этом удовлетворяется потребность в тех элементах, которые не имеют собственной минерально-сырьевой базы и могут быть получены только в условиях комплексных производств.

Расширение ассортимента продукции, производимой из одного и того же сырья, приводит к снижению фондоемкости и повышению фондоотдачи комплексных производств, что имеет уже не только отраслевое, но и народнохозяйственное значение в связи с высокой фондоемкостью добывающей и перерабатывающей промышленности в структуре отраслей народного хозяйства.

Доля затрат на сырье в стоимости продукции цветной металлургии в целом превышает 60 %, а для некоторых ее подотраслей составляет 80–85 % [9]. Расчеты, проведенные для комплексных редкометалльных производств предприятий цветной металлургии СССР, показывают, что при извлечении редких и рассеянных элементов из редкометалльных полупродуктов затраты на сырье достигают 70 % (и более) от себестоимости элементов [24]. Поэтому расширение числа извлекаемых из сырья и полупродуктов элементов и повышение степени их извлечения спо-

способствуют снижению доли сырьевой составляющей в себестоимости продукции цветной металлургии.

Экономический эффект комплексного использования сырья учитывается для уменьшения затрат на разведку, добычу и обогащение руд и, следовательно, для снижения минимального промышленного содержания при обосновании кондиций. Значителен этот эффект в глиноземной подотрасли, использующей апатит-нефелиновые и нефелиновые руды, в медной, цинковой и медно-молибденовой подотраслях, где попутно извлекаются золото, селен, теллур, рений, кадмий и индий, и особенно в медно-никелевой подотрасли, где помимо некоторых из перечисленных элементов получают платину и платиноиды.

Экономические предпосылки и преимущества комплексного использования минерального сырья реализуются путем использования системы цен для оплаты попутных компонентов в исходном сырье и в конечной товарной продукции. Комплексному использованию минерального сырья мало содействует практика ценообразования, при которой стоимость руд и концентратов определяется лишь по одному или нескольким основным компонентам. Например, в стоимости нефелинового концентрата не учитываются галлий и щелочные металлы, хотя их получение рентабельно. За счет этого могли бы снижаться кондиции для бедных апатит-нефелиновых руд, что способствовало бы увеличению минерально-сырьевой базы. В медных концентратах не оплачиваются селен и теллур, а оплата рения в молибденовых концентратах введена лишь в 1982 г., т. е. ценность рения практически не учтена в ранее разведанных месторождениях.

Горнодобывающие, а иногда и перерабатывающие предприятия еще в недостаточной степени заинтересованы в наиболее полном и рациональном использовании сырья из-за несовершенства методов экономического стимулирования. Экономические показатели попутного производства следует полнее учитывать при оценке результатов основной хозяйственной деятельности предприятий. В целом следует, однако, отметить, что установленный порядок оплаты подавляющего большинства попутных компонентов в конечных товарных продуктах комплексных производств вполне удовлетворяет требованиям экономической оценки их запасов в исходных рудах и концентратах. Возникающие при этом трудности сводятся либо к необходимости калькулирования издержек на получение каждого из оцениваемых компонентов на заводе — потребителе сырья, либо к установлению величины таких затрат по аналогии, с использованием показателей родственных производств.

По мнению большинства экономистов, оценка не только попутных, но и основных компонентов по уровню цен на конечную товарную продукцию (металлы и их соединения) наиболее полно отражает конечные экономические результаты извлечения ценных компонентов.

Необходимость комплексного использования сырья в последние годы все в большей мере определяется социально-экологическими причинами, такими как экономное расходование природных ресурсов, прогнозирование и предотвращение отрицательных воздействий на недра и окружаю-

щую природную среду при разведке, добыче и переработке минерального сырья, охрана здоровья трудящихся.

Экономические предпосылки комплексного использования минерального сырья во многом обусловлены народнохозяйственной потребностью в элементах, которые не имеют собственной минерально-сырьевой базы и добываются исключительно попутно, а также возможностями удовлетворения такой потребности за счет использования различных сырьевых источников. При этом должны учитываться также основные тенденции изменения производства и потребления указанных элементов на мировом рынке. К числу ценных компонентов руд, добываемых исключительно попутно, относятся прежде всего рассеянные элементы — кадмий, индий, селен, теллур, рений и другие, которые приобрели весьма важное народнохозяйственное значение благодаря широкому использованию в новых отраслях промышленности, определяющих технический прогресс всего народного хозяйства.

Промышленное значение различных рассеянных элементов неодинаково. Некоторые из них (кадмий, индий, селен, теллур) используются, начиная с 30-х годов текущего столетия, и за это время хорошо освоены различными отраслями промышленности; их мировое потребление в настоящее время составляет многие сотни и даже тысячи тонн металла в год [33, 34, 40]. Бурный рост потребления других элементов (германий, рений) начался в 60-х годах [35–39], а такой элемент, как скандий, до сих пор еще не нашел широкого практического применения, несмотря на большие потенциальные возможности его использования в различных областях техники.

Одним из широко используемых элементов является *кадмий*. В мировой структуре его потребления главную роль играют металлообрабатывающая, химическая и электротехническая промышленность. Мировое производство кадмия находится на стабильном уровне и с 1977 по 1983 г. (без СССР) составляло ежегодно около 12 тыс. т [35], а потребление — 11 500 т [33].

Более 90 % всего производимого кадмия получают в качестве попутной продукции цинковой промышленности (в среднем около 2,5–3 кг кадмия на 1 т цинка), а остальное — в медной и свинцовой.

На мировом рынке справочная цена на кадмий в последние годы изменялась от 3,9 до 5,5 тыс. дол. за 1 т металла, т. е. была несколько ниже внутренней цены СССР.

Цены на кадмий за рубежом имеют некоторую тенденцию роста после рекордного снижения в 1982 г. Предполагается, что в ближайшие 10–15 лет, т. е. приблизительно к 2000 г., потребность в кадмии экономически развитых стран возрастет. При этом принимается в расчет вероятное резкое увеличение его потребления в атомной, космической технике и для производства никель-кадмиевых батарей (последнее и сейчас характерно для Японии). Однако ряд стран (Япония, Швеция и др.) ограничивают традиционные способы использования кадмия из-за токсичности некоторых его соединений.

Индий извлекается из комплексных руд совместно с кадмием. Круп-

ными его потребителями являются машиностроение и полупроводниковая электроника. По данным Горного Бюро США, в последние годы индий в электронике заменяется силиконом, а в сплавах — галлием. До 1990 г. предполагается рост потребления индия ежегодно на 3 % [34].

Мировое производство индия, по данным Горного Бюро США, оценивается в 45,7 т, в том числе США 6,2 т, Канада 5,3–6 т, Перу 2,5–3 т, Япония 8–9 т [34]. В настоящее время он извлекается почти исключительно из отходов цинкового производства и в незначительном количестве из пылей шахтной плавки на свинцовых заводах и из хлористых съёмов опованного производства.

Действующие в СССР оптовые цены на индий значительно выше цен мирового рынка, а рентабельность по отношению к себестоимости получения индия в отдельных случаях достигает 200 %.

В США цены крупных производителей к началу 1980 гг. составляли 595 дол./кг, а на Лондонской бирже металлов были на 7–10 % ниже. В настоящее время цена индия на европейском рынке упала до 66–72 дол./кг [36, 37].

Крупнейшим потребителем *германия*, на долю которого приходится до 90 % от всего объема мирового производства этого элемента, является полупроводниковая промышленность. Среднегодовое производство германия в США составляет 20–22 т, а потребление 35–38 т [36]. За последнее десятилетие возникли и развиваются новые области использования германия.

Основой современного производства первичного германия в капиталистических странах служат сульфидные руды цветных металлов, на долю которых приходится около 90 % всей добычи германия из недр [36]. В некоторых странах германий в незначительных количествах производится из продуктов сгорания каменного угля (Великобритания) и из руд черных металлов.

В СССР основная часть производимого в стране первичного германия извлекается из коксующихся и энергетических углей. На некоторых предприятиях медной промышленности при шахтной плавке медных руд около 30–35 % содержащегося в них германия переходит в тонкие металлургические пыли и извлекается из них при вельцевании.

Действующие в нашей стране оптовые цены на германий значительно ниже цен мирового рынка. Так, справочная цена на металлический германий в 1983 г. в США составила 1000 дол./кг, а на двуокись германия 660 дол./кг [36], в то время как в СССР цена на германий составляет 320–420 руб./кг. По оценке Горного Бюро США, к 2000 г. предполагается рост производства двуокиси германия в связи с расширением областей его применения.

Наиболее крупные потребители *селена* — фотокопирование и электроника, на долю которых приходится около 35 % общего мирового потребления этого элемента. В производстве пигментов используется 30 %, стекла 20 %, кормов 8 % и в металлургии 7 % общего потребления селена [40]. Мировое производство селена в капиталистических странах составляет в среднем около 1300 т в год, причем около 75 % приходится

на долю Японии, Канады и США. Потребление селена капиталистическими странами примерно равно его производству [40].

Оптовые цены на селен за рубежом до начала 80-годов были значительно выше действующих в СССР цен (25—40 дол. за 1 кг 99 %-ного селена), но в 1982 г. они снизились до 8—9 дол./кг [40]. По оценке зарубежных специалистов в ближайшие 10—15 лет возможен рост потребления селена в связи с расширением новых областей его применения.

Теллур начал широко применяться в промышленности лишь в 50-х годах текущего столетия. В 1982 г. объем его мирового производства составил 120 т [37, 40]. Спрос на теллур на мировом рынке устойчив, что способствует поддержанию стабильных цен на него на уровне 22—26 дол./кг [40]. Крупнейшими производителями и потребителями теллура в капиталистическом мире являются США, Япония, Канада, Перу и Великобритания.

Около 80 % мирового производства теллура приходится на долю медной промышленности, причем в среднем извлекается около 77 г этого элемента на 1 т произведенной меди. Остальные 20 % получают при переработке свинцово-цинковых руд. По оценкам ряда специалистов, в ближайшие 15—20 лет возможен значительный прирост его потребления за рубежом.

За последние годы получены тугоплавкие сплавы, важным компонентом которых является *рений*. Они широко применяются в электронике, радиоэлектротехнике, электровакуумной и атомной промышленности, авиации и ракетостроении.

По данным Горного Бюро США [39], общее мировое производство рения в капиталистических и развивающихся странах в 1982 г. составило около 13,4 т. Рений получают за рубежом исключительно из молибденита, главным образом при переработке медно-порфиновых руд. В нашей стране основой сырьевого обеспечения рениевой промышленности служат медистые песчаники, а извлечение рения из молибденового сырья осуществляется в меньших масштабах.

Действующие в СССР цены на рений металлический примерно равны ценам мирового рынка (около 900—935 дол./кг). С 1982 г. введена оплата рения в молибденовых концентратах, что будет способствовать повышению полноты и эффективности использования его запасов.

Спрос на рений на мировом рынке, по-видимому, сохранится в основном за счет роста его потребления в производстве платино-рениевых катализаторов для нефтяной промышленности. Удовлетворение растущих потребностей в этом металле в СССР при существующей структуре его сырьевой базы возможно лишь за счет резкого повышения степени извлечения рения из медно-молибденовых и других руд.

Скандий в настоящее время еще не нашел достаточно широкого применения в промышленности. Перспективными областями применения скандия, по данным Л.Ф. Борисенко и И.В. Степанова, являются его использование в качестве одного из компонентов в различных конструкционных сплавах для авиационной и космической техники, а также в производстве счетно-решающих устройств, квантовых генераторов, света-

щихся экранов и термокатодов. В ближайшие 10—15 лет этот элемент, вероятно, может приобрести весьма важное народнохозяйственное значение.

Галлий за последние годы стал широко использоваться в легкоплавких сплавах и в полупроводниковой технике. Если в 1965 г. объем его производства в капиталистических странах составил всего 0,35 т, то в 1982 г. его потребление в Японии достигло 27—28 т, в США 9,5 т. Основным производителем этого элемента является алюминиевая (глиноземная) промышленность. В ряде стран (США, Япония, ФРГ) в значительных количествах он извлекается также из отходов цинкового производства. Кроме того, в Великобритании организовано получение галлия из продуктов сгорания каменного угля (совместно с германием). В СССР галлий извлекается из нефелиновых концентратов и бокситов.

Цены на металлический галлий в СССР несколько ниже, чем цены крупных производителей за рубежом (950—1200 дол./кг). По оценке специалистов в ближайшие 15—25 лет ожидается резкое возрастание спроса на галлий на мировом рынке. Среднегодовой рост потребности в галлии в промышленно развитых странах может составить более 10 %.

При переработке нефелиновых руд и концентратов возможно также попутное производство *рубиния* и *цезия*. За рубежом рубидий и цезий извлекаются соответственно из лепидолита и поллуцита, распространенных в пегматитах совместно с литием, бериллием и танталом. Данные о производстве рубидия и цезия за рубежом не публикуются. За период с 1976 по 1980 гг. в США годовое потребление рубидия увеличилось с 0,5 до 1,1 т, а цезия с 4,6 до 12,3 т. Согласно прогнозам, спрос на цезий в США до 1990 г. будет увеличиваться ежегодно на 14 %, а на рубидий на 0,3 % [20].

Таллий широко применяется в различных областях народного хозяйства. Объем мирового производства таллия в капиталистических странах составляет около 25 т в год. Его получают попутно при переработке полиметаллических, медных и оловянных сульфидных руд. В СССР для промышленного производства таллия в настоящее время используются только свинцово-цинковые руды.

Учет современной конъюнктуры ценных попутных компонентов, извлекаемых при переработке комплексных видов сырья, и прежде всего тенденций изменения их производства и потребления, изменения структуры сырьевого обеспечения производства, цен на товарную продукцию и других факторов может иметь определенное экономическое значение при оценке и планировании развития минерально-сырьевой базы целого ряда попутных полезных ископаемых (компонентов сырья).

Таким образом к настоящему времени созданы благоприятные научно-технические, экономические, правовые и другие предпосылки для рационального и комплексного использования минерального сырья. Однако их реализация сопряжена со все возрастающими техническими, организационными и экономическими трудностями и требует проведения специальных технико-экономических расчетов по определению целесообразности и экономически допустимых пределов извлечения каждого из компонентов комплексных видов сырья.

Для организации действенного контроля за полнотой оценки и промышленного использования комплексного сырья необходимо совершенствовать существующие методы оценки и учета запасов, использовать при разведке и освоении месторождений обобщающие показатели уровня комплексного использования руд основных промышленных типов месторождений. В настоящее время в этом направлении выполнена значительная работа методического характера [12, 15, 17], а также произведены расчеты по количественному обоснованию показателей степени, полноты и комплексности использования минерального сырья. Разработка таких показателей и внедрение их в практику работ по разведке и оценке комплексного сырья, обоснованию кондиций позволит контролировать не только полноту оценки отдельных объектов, но и тенденции в изменении уровня комплексного использования минерального сырья. Оценка последнего показателя только по росту числа извлекаемых компонентов должна быть исключена из практики разработки комплексных месторождений.

Экономически обоснованное решение этих вопросов позволит еще в большей степени сделать ресурсы попутных компонентов неотъемлемой частью сырьевого обеспечения промышленности и повысить эффективность их использования.

Глава 3. ГРУППИРОВКА ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ СЫРЬЕВЫЕ ИСТОЧНИКИ

Задачам разведки и геолого-промышленной оценки запасов полезных ископаемых наиболее полно отвечает их группировка по промышленным типам месторождений. При этом учитываются морфология рудных тел, особенности распределения ценных компонентов как в самой руде, так и в месторождении в целом, характер изменчивости оруденения по качеству руд и их мощности, а также другие показатели, в зависимости от которых выбираются система и технические способы разведки. Указанные показатели во многом обусловлены принадлежностью месторождения к тому или иному генетическому классу — гидротермальному, метасоматическому, осадочному и др. В свою очередь совокупность таких параметров определяет способы вскрытия месторождения и переработки руд, т. е. в конечном счете те технико-экономические показатели, по которым и оценивается значение месторождения. Группировку месторождений по промышленным типам иногда называют промышленно-генетической. Общеизвестны промышленные типы медноколчеданных, медно-порфировых, колчеданно-полиметаллических, стратиформных и других месторождений цветных металлов. Обоснованное отнесение месторождения на ранних стадиях его изучения к тому или иному промышленному типу способствует более целенаправленной его разведке и оценке.

Для большинства попутных компонентов комплексных месторождений нельзя установить сколько-нибудь строгие и постоянные зависимости, которые были бы обусловлены принадлежностью самого место-

рождения к определенному промышленному типу. Например, селен, теллур, индий, кадмий, золото, серебро могут содержаться в рудах месторождений самых различных типов при различной величине среднего содержания и распределения в рудах. Однако показатели промышленного получения отдельных элементов могут быть сходными, так как извлекаются они из смешанных, сильно усредненных продуктов обогащения и металлургического передела. Для получения дифференцированных оценок одних и тех же элементов в разных видах сырья требуется учет их распределения по минералам и других показателей извлечения из отдельных промышленных концентратов и продуктов передела последних. Поэтому промышленная группировка попутных компонентов должна учитывать не только геологические особенности основных промышленных типов месторождений, во многом обуславливающие элементный состав руд, строение рудных тел, изменчивость оруденения, характер рудовмещающих толщ и др., но и особенности технологических связей основного и попутного производства, определяющие конкретные значения технико-экономических показателей. Основанная на таких принципах группировка попутных компонентов имела бы важное практическое значение.

Строгое отнесение одних компонентов к основным, а других — к попутным, которое было бы справедливым во всех случаях их изучения и оценки, практически невозможно. В зависимости от распределения элементов в комплексных рудах, особенностей их концентрации в процессах передела сырья, соотношения извлекаемых и промышленных ценностей, зависящих от уровня себестоимости и цены каждого элемента, а также в соответствии с требованиями кондиций многие элементы в разных месторождениях могут выступать то в роли основных, то в роли попутных компонентов. Это особенно касается совместно залегающих полезных ископаемых и пород вскрыши, а также второстепенных минералов комплексных руд, которые могут извлекаться в самостоятельные концентраты.

До 1973 г. группировка попутных полезных ископаемых с разделением их на компоненты I, II и III групп не производилась, хотя вопросам комплексности месторождений и руд при разведке и оценке уделялось значительное внимание. Это во многом было объективно обусловлено отсутствием в ряде случаев четких границ между основными и попутными компонентами и известной условностью самого понятия попутных полезных ископаемых.

Из всех компонентов руд цветных металлов, имеющих второстепенное экономическое значение, только так называемые редкие и рассеянные элементы всегда добываются из недр и извлекаются в товарную продукцию попутно вследствие того, что они входят в состав рудообразующих минералов в виде микропримесей либо изоморфно замещают атомы в кристаллических решетках минералов.

Попутными компонентами комплексных руд первоначально считали только указанные элементы-примеси. Первые группировки отражали геохимическую связь основных и второстепенных компонентов, а также в

определенной мере — распространенность последних. Помимо известной геохимической группировки элементов А.Н. Заварицкого, А.Г. Бетехтина и др. по типам пород и руд, разделения их на литофильные, халькофильные, сидерофильные и другие здесь можно упомянуть выделение некоторыми исследователями (Г. Ключанский и др.) так называемых широко распространенных (германий, галлий, таллий), ограниченно распространенных (индий, кадмий, селен, теллур, скандий) и редких (рений) рассеянных элементов.

Следует отметить, что группировка Г. Ключанского отражает только общую геохимическую распространенность элементов в земной коре и лишь в малой степени — их действительную практическую значимость в отдельных промышленных типах руд. Например, в первой группе "широко распространенных" элементов галлий имеет практическое значение только в бокситах и некоторых видах небокситового глиноземного сырья (апатит-нефелиновых, существенно нефелиновых рудах и алунитах). Рений, относимый Г. Ключанским к группе "редких" элементов, широко развит в медно-молибденовых и существенно молибденовых рудах, а также в медистых песчаниках. В настоящее время он извлекается из этих руд и имеет важнейшее промышленное значение.

"Широко распространенный" в медноколчеданных, колчеданно-полиметаллических, оловянных и сурьмяных рудах германий, связанный преимущественно с сульфидами цинка, меди и другими минералами, извлекается из пылей шахтной и отражательной плавки концентратов в крайне незначительных количествах и не имеет большого практического значения.

Аналогично германию ведет себя и таллий, который при металлургической переработке цинковых и свинцовых концентратов накапливается в тонкой фракции пылей в газоочистительных установках. Частично он может переходить в растворы и осаждаться в составе медно-мышьякового, медно-кадмиевого и таллиевого кеков. Выход пылей и кеков от объема перерабатываемого сырья, а также извлечение в них таллия являются крайне незначительными, а затраты на получение таллия превосходят его оптовую цену в 2—7 раз.

Наоборот, почти все "ограниченно распространенные" элементы — индий, кадмий, селен, теллур (за исключением скандия) извлекаются в промышленных масштабах при переработке медных, цинковых, свинцовых и пиритных концентратов с высокой рентабельностью и имеют большое практическое значение.

В более поздней геолого-промышленной группировке рассеянных элементов, предложенной В.Н. Виноградовым в 1972 г. [4], учитываются не только общие геохимические особенности распределения элементов, но и реальные связи основного и попутного производства, обуславливающие относительное практическое значение элементов в различных промышленных типах руд. Выделены комплексы элементов в связи с процессами производства меди, олова и других основных металлов. Основные и попутные производства охарактеризованы по типам технологических процессов, видам редкометалльных полупродуктов и отхо-

дов, степени обычной концентрации элементов в процессах передела сырья. Промышленное значение элементов в различных типах месторождений определяется как "важнейшее", "обычное", "очень малое", "незначительное", т. е. по качественным показателям [4]. В.Н. Виноградов впервые предложил оценивать запасы рассеянных элементов с учетом их минимальных промышленных содержаний в рудах и концентратах, устанавливаемых технико-экономическими расчетами. Однако такие расчеты были выполнены им только для индия, таллия, селена и теллура в свинцовом и цинковом концентратах из полиметаллических руд. В медном концентрате и молибденовом промпродукте расчеты произведены для рения, а в пиритном — только для селена. Ограниченность подобной группировки по кругу оцениваемых элементов и типов руд очевидна.

Следует отметить, что любая геолого-промышленная группировка попутных компонентов предполагает и систематизацию соответствующих оценочных показателей. При этом необходимо особо подчеркнуть, что указанные оценочные показатели должны быть разработаны не только на единой методической основе, но и при едином уровне цен на сырье и материалы, используемые в технологических процессах, а также на товарную продукцию основных и попутных производств. В противном случае как оценочные показатели, так и результаты оценки будут несравнимы даже для одних и тех же элементов в различных типах руд. К сожалению, В.Н. Виноградовым [4] часть сведений экономического характера приводится по литературным данным за период до 1968 г., а другая часть — на основе расчетов автора после 1968 г., т. е. после изменения масштаба цен в 1967 г. К настоящему времени как те, так и другие данные, конечно, значительно устарели.

Таким образом, хотя группа таких попутных полезных ископаемых, как редкие и рассеянные элементы выделена уже давно, отсутствие широкой и достаточно обоснованной систематизации соответствующих оценочных показателей, принципов и методических приемов оценки не позволяет говорить об общепринятой их группировке.

За рубежом первая группировка попутных компонентов была предложена А. Петриком, Г. Беннетом, К. Старчем и Р. Вайснером в 1973 г. Как и в работах советских авторов, в ней рассматривались только редкие и рассеянные элементы, а также цветные металлы, которые могут выступать в роли как основных, так и попутных компонентов. Данная группировка базировалась только на учете связей основного и попутного производства, и не учитывала принадлежность сырья к разным промышленным типам месторождений и руд. Вследствие этого ее нельзя использовать для целей геолого-экономической оценки запасов попутных компонентов.

Таким образом, в настоящее время нет достаточно разработанной общепринятой группировки попутных полезных ископаемых (компонентов), а также методов и показателей их оценки в комплексном минеральном сырье. В практике принято разделение попутных компонентов на три группы, предложенное ГКЗ СССР в 1973 г. во "Временных требо-

ваниях к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видах минерального сырья" и дополненное в 1982 г. [31].

К первой группе попутных полезных ископаемых отнесены совместно залегающие горные породы, рудные и нерудные полезные ископаемые, образующие самостоятельные пласты, залежи или рудные тела, которые при условии попутной добычи могут представлять промышленный интерес. Во вторую группу выделены ценные компоненты различных руд, представленные второстепенными рудными и нерудными минералами, которые на стадии обогащения могут извлекаться в селективные или коллективные концентраты либо товарные промпродукты. К третьей группе попутных компонентов принадлежат редкие, рассеянные и редкоземельные элементы, которые входят в состав рудообразующих минералов в виде изоморфных или иных микропримесей и могут быть выделены на стадии металлургического или химико-металлургического передела в составе обогащенных ими редкометаллических полупродуктов — шламов, пылей, кеков, маточных растворов и др.

В группировке ГКЗ СССР главное внимание уделено обоснованию перечня ценных попутных компонентов для каждой из выделенных групп, а также систематизации некоторых общих требований по изучению и оценке их запасов при производстве геологоразведочных работ. К сожалению, в указанной группировке практически не охарактеризованы сырьевые источники получения различных элементов, а также отсутствуют количественные показатели оценки запасов.

Предлагаемая автором группировка попутных компонентов, основанная в целом на принципах группировки ГКЗ СССР, в определенной мере устраняет указанные недостатки. В ней также выделяются три группы попутных полезных ископаемых, причем главное внимание уделено учету геологических особенностей развития последних в различных промышленных типах месторождений, технологических связей основного и попутного производства, а также некоторым количественным технико-экономическим показателям, которые характеризуют условия промышленного получения попутных компонентов и могут использоваться в практике разведки и оценки их запасов.

Попутные компоненты I группы, залегающие во вскрыше месторождений цветных металлов, можно разделить на несколько видов. Часть из них может представлять собой полезные ископаемые, которые по составу близки или полностью отвечают требованиям, предъявляемым к основным компонентам в самостоятельных месторождениях. Целесообразность попутной разведки и добычи определяется для них на основе соответствия некоторым минимально допустимым граничным параметрам (запасов, содержаний), определяемым прямым расчетом по предстоящим затратам (см. далее), а использование предусматривается той же технологической схемой, что и для основного полезного ископаемого. Поэтому в предлагаемой группировке такие попутные полезные ископаемые не рассматриваются.

Близкими по условиям разведки и оценки к указанным неконди-

ционным (по содержанию или запасам) рудным телам являются залежи во вскрыше месторождений полезных ископаемых иного, чем основное полезное ископаемое, вида. Это могут быть как рудные, так и нерудные образования, а также различные виды горнохимического сырья. В месторождениях цветных металлов известны залежи баритовых, барит-полиметаллических, флюоритсодержащих, пиритных и других руд, а также золотосодержащих кварцитов. Иногда во вскрыше месторождений цветных металлов развиты высококачественные глины, каолины, известняки, мраморизованные известняки, мергели и другие виды нерудного сырья, которые по качеству отвечают требованиям, предъявляемым ГОСТами и техническими условиями к этим видам сырья в самостоятельных месторождениях. Их качество оценивается в соответствии с указанными требованиями, а целесообразность извлечения определяется прямым расчетом исходя из количества запасов, заявленной потребности и возможной производительности при условии попутной добычи.

Особую группу попутных полезных ископаемых во вскрыше представляют различного вида горные породы, которые по физико-механическим свойствам пригодны для производства различных строительных материалов (в основном щебня), бутового камня, закладочных смесей и т. д.

В медноколчеданных месторождениях это могут быть порфириды, габбро и габбродиабазы, альбитофиры, диабазовые порфириды и другие высокопрочные породы вулканогенного комплекса. Они часто характеризуются высокой маркой дробимости и могут использоваться для производства щебня марки "1200". Однако указанные породы часто подвержены сильному гидротермально-метасоматическому и зеленокаменному преобразованию и ослаблены разрывными нарушениями [26], что осложняет их оценку и промышленное использование. Проектные оценки и практика работы многих ГОКов на медноколчеданных месторождениях Урала показывают, что получение стройматериалов из пород вскрыши в целом высокорентабельно. Аналогичные по составу и физико-механическим свойствам породы развиты на колчеданно-полиметаллических и медноколчеданных месторождениях Рудного Алтая и Кавказа.

Для стратиформных и метасоматических свинцово-цинковых месторождений характерны залежи известняков, доломитов, мергелей, мраморизованных известняков, кварцитов, ороговикованных песчано-сланцевых пород [26].

На медно-порфировых месторождениях распространены рудовмещающие магматические породы, которые могут использоваться для производства щебня марок "1200" — "1400". Золотосодержащие кварциты применяются как флюсовое сырье, вторичные серицит-андалузитовые кварциты — как возможное сырье для получения глинозема. В южных районах Средней Азии на ряде месторождений Алмалыкской группы встречаются рыхлые лёссовые породы, пригодные для культивации галечниковых почв.

Песчано-глинистые отложения и карбонатные породы свойственны месторождениям бокситов. Высококачественные, чистые по химичес-

кому составу известняки могут использоваться в качестве флюсов в черной и цветной металлургии, глины — для производства кирпича, огнеупоров и других целей. На некоторых месторождениях северо-запада Русской платформы развиты покровные базальты, из которых можно получать щебень, заполнитель тяжелых бетонов и др.

Следует отметить, что из общего объема вскрышных пород пригодными для промышленного использования являются обычно не более 30 %, поскольку физико-механические свойства пород ухудшаются за счет тектонической нарушенности, гидротермально-метасоматических изменений, наличия вкрапленности сульфидов, выветривания и др. Необходимо также иметь в виду, что утилизироваться могут практически только породы текущей добычи, так как при складировании пород в отвалы происходит их смешивание, загрязнение и т. д. Поэтому объем утилизируемых пород для производства строительных материалов составляет 2—5 % и лишь в отдельных случаях больше. Рациональное использование пород вскрыши затрудняется тем обстоятельством, что их разведка и технологические испытания проводятся только при наличии заявленной потребности и в объемах, определяемых будущим местным потребителем сырья. Ведомственная разобщенность предприятий и отсутствие обобщающих данных о возможном производстве строительных материалов из пород вскрыши также не способствуют сбалансированному удовлетворению спроса на них.

Попутные компоненты II группы, представленные второстепенными рудными и нерудными минералами в комплексных видах минерального сырья, выделяются главным образом на стадии обогащения руд в селективные или коллективные концентраты. Однако часть указанных компонентов может концентрироваться и в продуктах металлургического передела сырья. На стадии обогащения выделяются цинк в сфалерите из руд медноколчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений, пиритная сера, барит и сурьма из полиметаллических руд, свинец — из медистых песчаников, нефелин — из апатит-нефелиновых руд.

При металлургическом переделе сырья извлекаются сульфидная сера (из газов печей отражательной плавки и конвертирования), ртуть (в ртутно-селенистые и селено-ртутные шламы), висмут (в пыли печей шахтной плавки и "кипящего слоя"), свинец и кадмий (в тонкие металлургические пыли) и др. Наиболее важное экономическое значение из компонентов II группы имеют сульфидная и пиритная сера, цинк в медноколчеданных месторождениях, нефелин в апатит-нефелиновых рудах, барит в полиметаллических месторождениях. В незначительных объемах утилизируются висмут, сурьма, ртуть, а для ряда ценных компонентов, таких как ванадий, хром, железо в бокситах, сфен, эгирин, титаномагнетит в апатит-нефелиновых рудах, проведены лабораторные или полупромышленные испытания возможности их получения.

В соответствии с требованиями ГКЗ СССР [31] специальные разведочные работы для компонентов II группы не производятся, и все потенциально ценные компоненты подлежат изучению с той же степенью детальности, что и основной. Конкретные оценочные показатели в каж-

дом случае устанавливаются на основе прямых геологических и технологических исследований. На все получаемые концентраты и промпродукты компонентов II группы установлены оптовые цены, дифференцированные в зависимости от их качества. Вследствие этого оценка запасов попутных компонентов II группы в любых видах комплексного сырья не отличается от общепринятых методов оценки.

В основу геолого-промышленной группировки компонентов III группы (табл. 2) положены особенности их распределения в комплексных рудах, реальные связи основного и попутного производства, а также показатели переработки основных промышленных концентратов и редкометальных полупродуктов [12]. Значительное разнообразие элементов и высокая эффективность их получения свойственны медноколчеданным и медно-порфировым рудам, медистым песчаникам, бокситам и апатит-нефелиновым рудам. Руды колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых месторождений содержат те же элементы, что и руды медных месторождений, однако извлечение большинства элементов производится в пыли агломерации, плавки и конвертирования, медно-кадмиевые кеки, теллурические плавы, выход которых при переработке концентратов основных металлов незначителен. Это является одной из причин сравнительно низкой эффективности получения ряда элементов из указанных полупродуктов. Высокой эффективностью характеризуется получение кадмия из колчеданно-полиметаллических руд, кадмия и индия — из руд свинцово-цинковых месторождений.

В глиноземном производстве высокие технико-экономические показатели достигнуты при получении галлия из бокситов и небокситовых видов сырья. Ряд элементов — скандий и рубидий из бокситов, редкие земли и тантало-ниобаты из апатит-нефелиновых руд — в значительных масштабах пока не извлекаются.

Наибольшее экономическое значение имеют такие элементы III группы, как кадмий и индий в медноколчеданных и полиметаллических месторождениях, рений — в рудах медно-порфировых месторождений и галлий — в глиноземсодержащем сырье. На долю остальных компонентов приходится незначительная часть прибыли в потенциальной и особенно извлекаемой ценности запасов.

Оценка промышленного значения попутных компонентов с учетом их группировки по промышленным типам месторождений, видам и показателям основного и попутного производства может способствовать более полному изучению и учету потенциально ценных компонентов уже на ранних стадиях разведки месторождений.

Особенности нахождения рассеянных элементов в рудах и слагающих их минералах чрезвычайно важны для оценки запасов этих элементов в недрах, так как при распределении указанных элементов по нескольким рудообразующим минералам, имеющим различное практическое значение, промышленную ценность представляют не все запасы этих элементов в недрах, а только та их часть, которая связана с вполне определенными минералами, извлекаемыми при обогащении в товарные концентраты, или с богатыми рудами, поступающими в металлургический передел

Геолого-промышленная классификация полупных компонентов III группы в месторождениях цветных металлов (редкие и рассеянные элементы в составе минералов основных промышленных концентратов)

Промышлен- ный тип месторож- дений	Типы и сор- та руд	Характеристика перерабатываемых концентратов			Характеристика извлекаемых полупных компонентов			
		Наименова- ние	Содержание основного компонен- та, %	Извлечение основного компонен- та из кон- центра в товарную продукцию, %	Наименование полуппродук- тов	Извлекае- мые элемент ы	Выход полу- продукта на 1 т основ- ного металла Вп, кг	Извлечение элементов, % из концентратов в полупро- дукт, Из продукта в то- варную про- дукцию, Ит
Медно-цин- ко-медный	Медно-цин- ковые для переработки с обогаще- нием	Медный	15	87,1	Шламы элект- ролиза меди	Селен	7,1	48
		Цинковый	48,6	94,9	Вельцокислы	Теллур	7,1	14,7
					Медно-кад- миевый кек	Индий	299,7	73,7
						Кадмий	76,1	90,5
		Пиритный	45	87,2	Конденсат мокрых электрофи- льтров	Селен в шламе	31,4	52,1
		Цинковый	34,3	98,5		Селен в ртутно-се- ренистом шламе	1,5	91
	Богатые медные для	—	5,5	88,2	Тонкие пы- ли шахтной	Германий в концент-	167	27,7
								47

Промышлен- ный тип месторож- дений	Типы и сор- та руд	Характеристика перерабатываемых концентратов			Характеристика извлекаемых попутных компонентов				
		Наименова- ние	Содержание основного компонен- та, %	Извлечение основного компонен- та из кон- центрата в товарную продукцию, %	Наимено- вание полу- продуктов	Извлекае- мые элемен- ты	Выход полу- продукта на 1 т основ- ного металла Вп, кг	Извлечение элементов, %	
	плавки без обогащения				плавки	рате			
						Кадмий в губке	167	4,4	43,3
Медно-пор- фировый	Молибде- ново-мед- ные	Медный	17,85	97,03	Шламы элект- ролиза меди	Селен	4,4	60	80,27
						Теллур	4,4	35	40
		Молибде- новый промпро- дукт	16,69	94,55	Маточные растворы	Рений в пер- ренате ам- мония	2,19	Не опр.	73,96
	Сущест- венно мо- либдено- вые	Молибде- новый	51,6	97,2	Перренат аммония	Рений ме- талличес- кий	0,66	62,54	97,56
Медистые песчаники	Существен- но медные	Медный	16,74	92,6	Промыв- ная серная кислота	Рений в пер- ренате аммония	Нет данных	33,84	95

					Шламы элект- ролиза меди	Селен	4,4	60	80,27
						Теллур	4,4	35	40
Колчедан- но-полиме- таллический	Медно-свин- цово-цинко- вые для пе- реработки с обогащени- ем	Свинцовый	58,8	97,1	Пыли агло- мерации, плавки и конверти- рования	Индий	49,6	70	21,1
						Кадмий	49,6	81,8	68
						Таллий	49,6	85	27,7
						Селен	112	64	17,8
						Теллуровый концентрат	Теллур	0,1	37,4
		Цинковый	52,1	95,4	Медно-кад- миевый кек	Кадмий	89,1	94,3	96,2
					Таллиевый кек	Таллий	7,3	70,5	64,5
					Пыли плавки свинцовых кеков	Индий	7,1	63,4	21,4
					Селено-ртут- ные шламы	Селен	7,5	74,2	27,4
					Теллуровый концентрат	Теллур	0,02	28,2	82,6
Свинцо- во-цинко- вый страти- формный, метасомати-	Свинцо- во-цинко- вые и су- щественно свинцовые	Свинцовый	41,70	96,40	Пыли агло- мерирующе- го обжига и плавки	Кадмий	54,6	86,9	76,2
						Индий	54,6	13,4	26,4
						Таллий	54,6	91,6	20,3

Промышлен- ный тип месторож- дений	Типы и сор- та руд	Характеристика перерабатываемых концентратов			Характеристика извлекаемых попутных компонентов				
		Наименова- ние	Содержание основного компонен- та, %	Извлечение основного компонен- та из кон- центрата в товарную продукцию, %	Наименование полупродук- тов	Извлекае- мые эле- менты	Выход полу- продукта на 1 т основ- ного металла Вп, кг	Извлечение элементов, %	
Ческий и жи- льный						Рений в сорбенте	54,6	96,1	9,68
					Теллуrowый плав	Теллур в концентрате	1,2	48,8	44
					Цинковый	Медно-кад- миевый кек	152	97,2	91,2
						Вольфрамислы	473	94,3	61,9
						Индий			
Бокситовый	Высокомо- дальные и байеро- вские бокситы	—	51,0—53,0	84,20	Нет	Галлий	Нет	Нет	5,72
						Ванадий	"	"	15
	Низкомо- дальные спекатель- ные и байер- спекате- льные бок- ситы	—	44,0—45,0	85,40	"	Галлий	"	"	3,27

Апатит-не- фелино- вый	Апатит-не- фелино- вые*	Нефелино- вый	29	82	"	"	"	"	22,05
						Рубидий	"	"	40,6
Существен- но нефели- новый	Уртиты и тералито- сиениты	Не обога- щаются	28,0	74,46	"	Галлий	"	"	12,6

*Сфеновый, эгиринный и титано-магнетитовый концентраты из апатит-нефелиновых руд в промышленных масштабах не производятся.

без предварительного обогащения. Значительная часть, например, германия, галлия и таллия в рудах цветных металлов, концентрирующаяся в силикатах и алюмосиликатах, при обогащении неизбежно попадает вместе с этими минералами в отвальные хвосты и заведомо не может быть использована для промышленного получения рассеянных элементов при существующей технологии. Запасы данных элементов в рудообразующих силикатах в лучшем случае могут учитывать только как забалансовые. Вследствие указанных и некоторых других обстоятельств обеспеченность народного хозяйства валовыми запасами рассеянных элементов сейчас представляется значительной, а реально извлекаемыми — недостаточно обоснованной [25].

Рассмотренные особенности различных сырьевых источников получения попутных компонентов должны учитываться при планировании их производства и определении реальной обеспеченности промышленности разведанными запасами сырья.

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Запасы попутных полезных ископаемых, несмотря на их второстепенное экономическое значение и попутный характер добычи, должны быть по результатам детальной разведки, как и запасы основных компонентов, подготовлены для промышленного освоения. Основными условиями такой подготовленности запасов попутных полезных ископаемых (компонентов I—III групп по классификации ГКЗ СССР) являются:

1) достаточно высокая степень разведанности, позволяющая квалифицировать запасы по категориям C_1 , реже C_2 , что дает возможность учесть их при проектировании промышленного освоения месторождений;

2) изученность вещественного состава комплексных руд с детальностью, достаточной для получения обоснованного заключения о качестве попутных полезных ископаемых, характере его изменчивости, распределении компонентов по промышленным типам руд и минералам;

3) возможность переработки комплексного сырья по технологической схеме, предусматривающей не только извлечение основного компонента, но и эффективное попутное получение при добыче, обогащении или металлургическом переделе руд и концентратов ценных полезных ископаемых (компонентов) в промышленных масштабах;

4) обоснованность технологических и экономических показателей извлечения попутных полезных ископаемых (компонентов) либо результатами прямых технологических испытаний комплексного сырья в полупромышленных или промышленных условиях, либо по аналогии, с привлечением для оценки достигнутых средних показателей завода-потребителя сырья (для редких и рассеянных элементов).

Для комплексных месторождений высокая степень разведанности и

изученности запасов основных и попутных компонентов должна достигаться одновременно и без применения специальных видов разведочных работ в значительных объемах, т. е. изучение качества запасов основных и попутных полезных ископаемых должно быть комплексным.

Точно так же при решении вопроса о возможности наиболее полного извлечения того или иного попутного компонента из руд сложного состава должна учитываться общая схема комплексной переработки руд, так как один и тот же элемент может различным образом распределяться по продуктам обогащения руд и в разной степени концентрироваться при их переделе. Поэтому для обоснованной оценки попутных компонентов необходимо не только изучить распределение по минералам в руде, но и привлекать для оценки запасов технологические показатели, связанные с извлечением элементов именно из этих минералов. Следует исключать случаи использования усредненных показателей себестоимости и извлечения элементов, иногда служащих отчетными показателями предприятий цветной металлургии (например, при извлечении рения из медных и молибденовых концентратов медно-порфировых руд, кадмия и индия — из смешанных растворов свинцового и цинкового производства, германия — при одновременной переработке рудных пылей и угольной золы и т.д.).

Попутные полезные ископаемые I—III групп обладают также рядом особенностей, которые обусловлены попутным характером получения и прежде всего возможностью подсчета и оценки их запасов в объемах, значительно превышающих размеры эксплуатационных блоков.

Глава 4. КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Своевременное изучение и учет попутных полезных ископаемых в комплексных месторождениях по промышленным категориям — одно из основных условий их промышленного использования при освоении месторождений. К моменту подсчета запасов по временным или постоянным кондициям должно быть в достаточной степени изучено качество запасов попутных полезных ископаемых, условия их залегания в месторождении или распределения по минералам в руде и продуктам ее передела, а также другие технологические особенности, позволяющие оценить величину реально извлекаемых запасов.

До сравнительно недавнего времени запасы попутных полезных ископаемых часто подсчитывались и учитывались при низкой степени разведанности (обычно по категории C_2 , реже C_1) и без достаточно технико-экономического обоснования целесообразности их извлечения. К настоящему времени сформулированы основные требования к изучению геологических и технологических параметров, определяющих экономическую целесообразность промышленного использования запасов попутных полезных ископаемых [31]. Важнейшим из них является комплексное

изучение качества основных и попутных полезных ископаемых, которым обусловлена степень разведанности запасов и подготовленность их для промышленного освоения.

Задача по комплексному изучению качества попутных полезных ископаемых сводится к реализации следующих основных положений: 1) определению перечня потенциально ценных попутных полезных ископаемых и компонентов руд и направлений их использования; 2) изучению условий залегания или характера распределения в рудах; 3) проведению опробования по группам и видам попутных полезных ископаемых и с учетом возможных направлений их использования; 4) изучению технологических свойств и качеств, выявлению условий, регламентирующих степень концентрации ценных компонентов сырья в продуктах передела и отходах и определяющих их промышленную оценку; 5) установлению рационального круга попутных полезных ископаемых и компонентов, извлечение которых рентабельно при сложившемся соотношении себестоимости их получения и цены товарной продукции с целью учета экономического эффекта от извлечения этих компонентов при обосновании кондиций и оценке месторождения.

Уже на ранних стадиях изучения месторождения необходимо предусмотреть такие системы расположения разведочных выработок, их конструкцию и способы проходки и, главное, — методы отбора и анализа проб, которые сделали бы возможной в последующем комплексную оценку месторождения. Исходная информация для этого может быть получена прежде всего по аналогии с характеристикой подобных месторождений и промышленного типа в целом, к которому предположительно относится изучаемое месторождение.

Определенную помощь может также оказать использование общих схем комплексного применения ценных основных и попутных компонентов месторождений того или иного промышленного типа, которые показывают распределение основных и попутных полезных ископаемых по стадиям и продуктам передела (рис. 1—4). На стадии добычи возможно селективное извлечение забалансовых (по разным условиям) руд, горных пород для производства строительных материалов, а также получение несортowego закладочного материала. В обогащительном переделе получают баритовый и пиритный концентраты и шлиховое золото, а редкие и рассеянные элементы извлекаются из руды в концентраты основных металлов. На стадии пирометаллургического передела концентратов основных металлов, а также при специализированной переработке отходов производятся основные виды редкометальной товарной продукции.

Особенности разведки и оценки зависят от условий распределения тех или иных ценных компонентов в руде и стадий их извлечения при переделе.

Попутные полезные ископаемые I группы, т. е. породы вскрыши и совместно залегающие полезные ископаемые, находящиеся в контуре отработки месторождения, изучаются и оцениваются, как правило, по выработкам, пройденным для разведки основного полезного ископае-

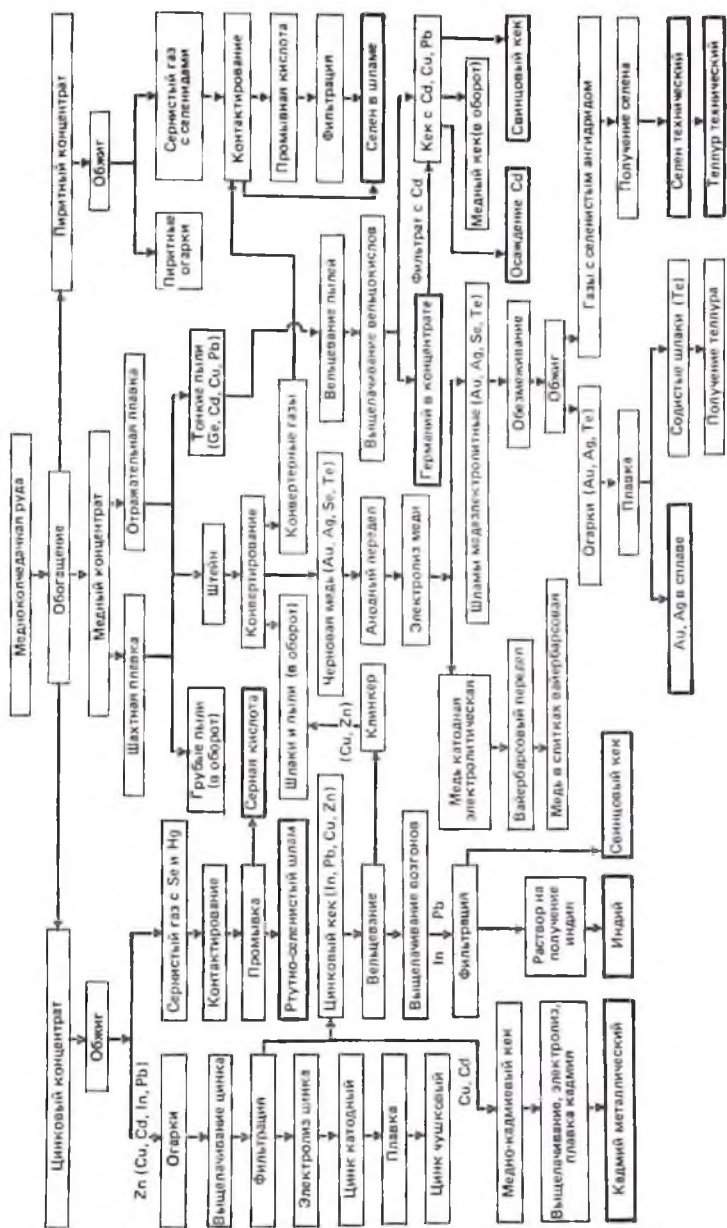


Рис. 1. Схема комплексной переработки медноколчеданных руд. Здесь и в рис. 2-4 в утолщенных рамках показаны популярные товарные продукты

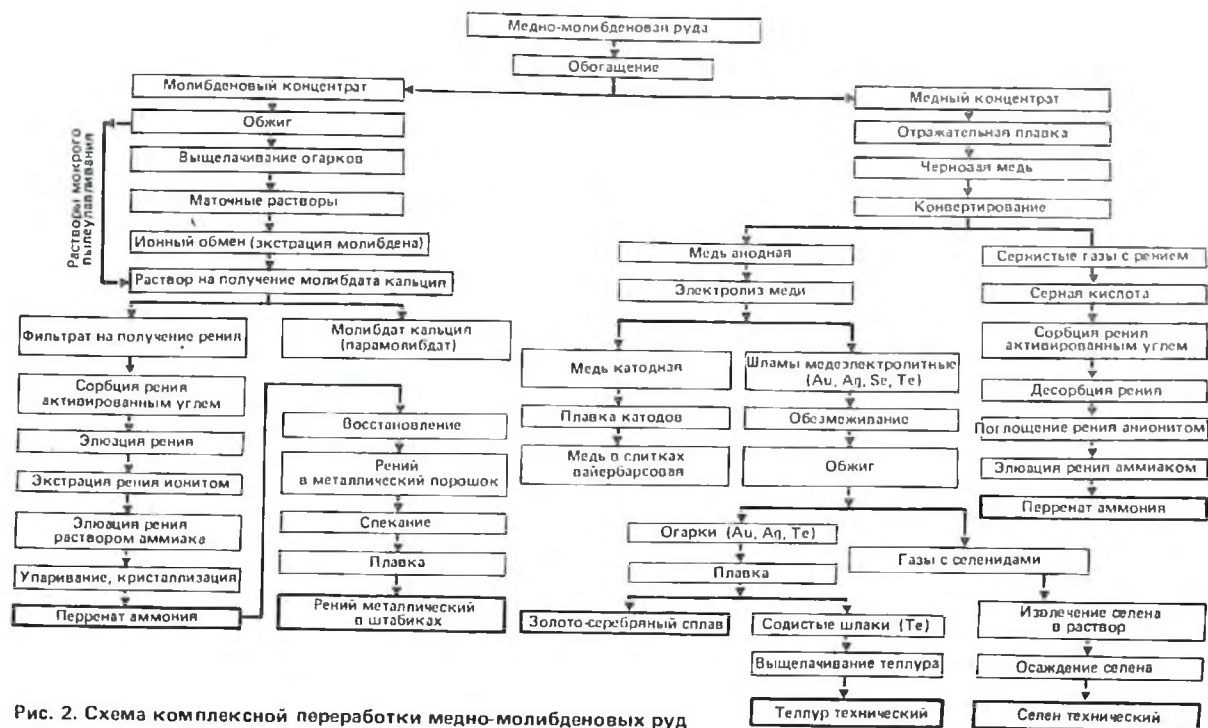


Рис. 2. Схема комплексной переработки медно-молибденовых руд

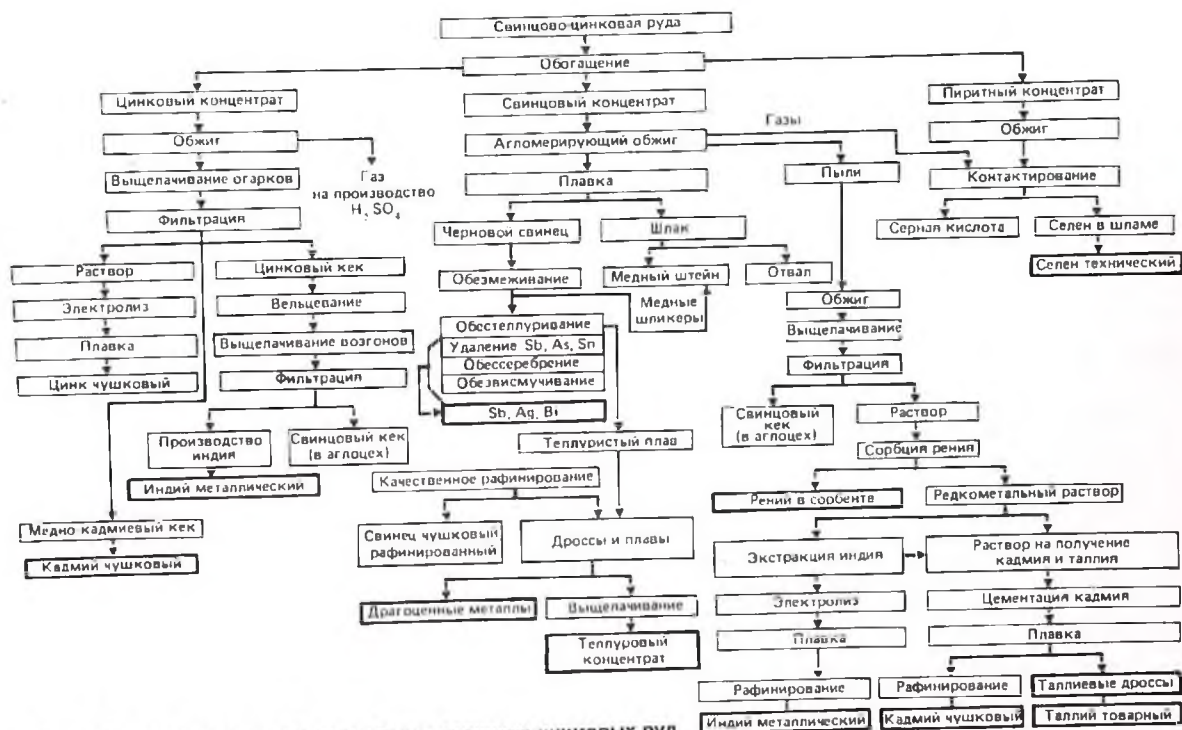


Рис. 3. Схема комплексной переработки свинцово-цинковых руд

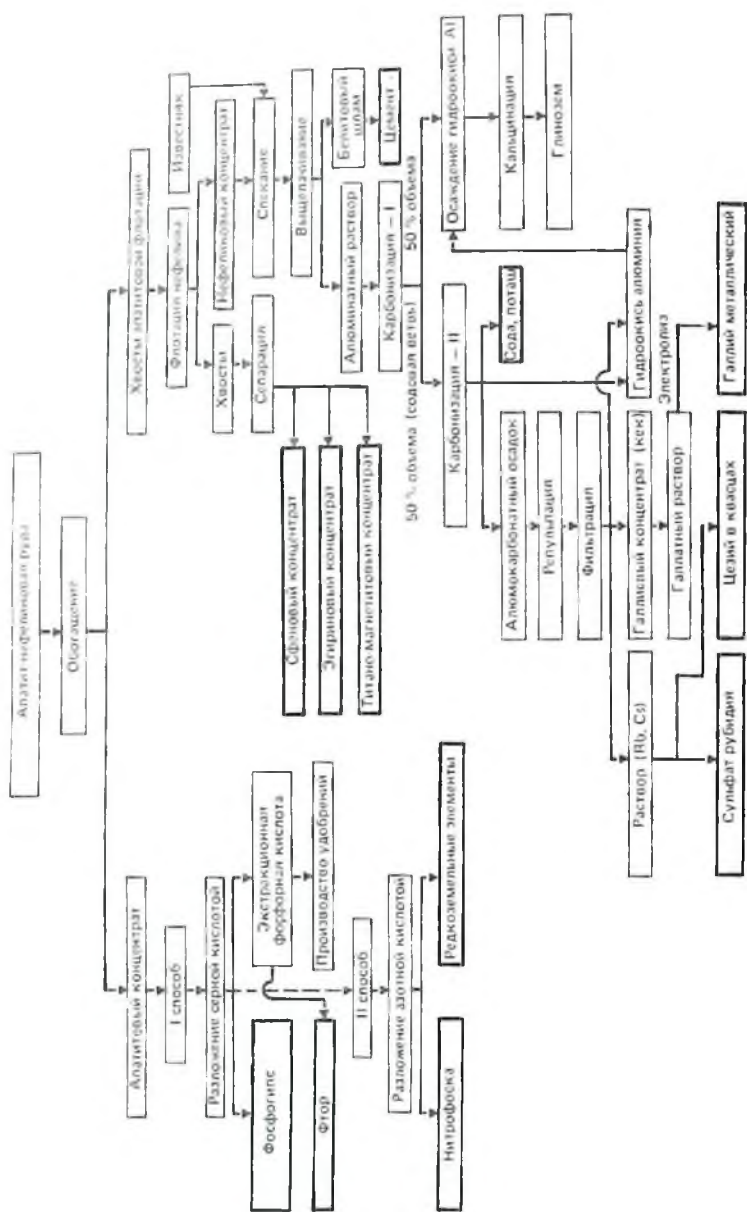


Рис. 4. Схема комплексной переработки апатит-нефелиновых руд

мого. Плотность разведочной сети предварительной и детальной разведки на месторождениях цветных металлов обычно значительно выше, чем это необходимо для изучения пород вскрыши и большинства видов попутных полезных ископаемых иного, чем основное рудное тело, состава (барит-полиметаллических, баритовых, флюоритсодержащих руд на полиметаллических месторождениях, золотосодержащих кварцитов на штокверковых месторождениях и др.). Однако расположение и конструкция таких выработок (обычно скважин) часто подчинены задачам исследования основного полезного ископаемого, что не всегда позволяет использовать их для изучения специфических свойств попутных полезных ископаемых.

Породы вскрыши и различные виды горнохимического сырья требуют особых методов опробования и изучения в зависимости от направлений их использования. При использовании пород в качестве строительных материалов (щебень, наполнители бетонов, стеновые материалы и др.) изучаются в основном физические свойства (прочность, дробимость, морозостойкость и др.), а также наличие вредных примесей — серы, стронция, мышьяка, сульфидов и др. Для изучения таких свойств требуется отбор особых проб, отличающихся по массе и методам отбора от рядовых проб на основные компоненты. Поэтому уже на стадии предварительной разведки следует установить возможные направления и объемы утилизации полезных ископаемых, залегающих во вскрыше месторождений. В соответствии с требованиями ГКЗ СССР [31] эти полезные ископаемые изучаются по выработкам и скважинам, пройденным на стадии предварительной разведки основного компонента. При этом учитываются требования инструкций ГКЗ СССР, ГОСТов и ТУ к аналогичным видам полезных ископаемых в самостоятельных месторождениях. Если в результате предварительной разведки выясняется важное промышленное значение этих полезных ископаемых и, главное, определены возможные потребители, направления и объемы использования сырья, то с целью дальнейшего изучения и промышленной оценки производится их детальная разведка.

Детальная разведка пород вскрыши осуществляется при наличии заявленной потребности, согласованной с местными плановыми органами, в объеме, обеспечивающем предприятие-потребитель на определенный срок. Для этого могут проходиться по сети, параметры которой обусловлены существующими требованиями для соответствующих видов сырья, специальные выработки (скважины большого диаметра, шурфы), из которых отбираются пробы для изучения специфических свойств и качеств сырья, а также для проведения технологических испытаний.

Помимо учета требований, определяемых особенностями опробования и технологических испытаний сырья в зависимости от направлений его использования, важное значение при разведке приобретает учет геологических и горнотехнических условий и в их числе прежде всего тектонической нарушенности массивов вмещающих и вскрышных пород. В зонах дробления и разломов породы могут быть не только нарушены механически, но и подвержены гидротермально-метасоматическому

воздействию, приводящему к значительному изменению их физико-механических свойств. При подсчете запасов такие зоны исключаются. При значительной нарушенности первичного состава и строения массивов горных пород может коренным образом измениться и их промышленная оценка.

В пределах принятого контура подсчета запасов пород вскрыши, пригодных для использования в качестве строительных материалов, могут быть выделены участки различных сортов и типов пород в зависимости от направлений их использования. Геометризация отдельных типов пород производится по параметрам, лимитирующим их качество. Например, при оценке горных пород как сырья для получения щебня кроме специальных свойств, определяемых направлением его использования, изучается содержание сульфидов, сульфатов, кремнистых соединений, окислов и гидроокислов железа, которые существенно снижают качество щебня, что учитывается при оконтуривании.

Виды и объемы анализов для пород осадочного комплекса зависят от направлений их использования. Следует иметь в виду, что для пород осадочного комплекса важное значение имеет комплексное изучение их качества, что позволяет с учетом состава, свойств и взаимозаменяемости пород изменить или при необходимости расширить направления их использования.

Таким образом, определяющими условиями изучения пород вскрыши как попутных полезных ископаемых являются: 1) выявление возможных направлений использования пород уже на ранних стадиях изучения месторождения; 2) определение местных потребителей сырья и учет заявленной потребности, согласованной с плановыми органами; 3) учет геологических и горнотехнических условий, влияющих на качество пород в естественном залегании; 4) изучение состава и свойств по основным направлениям использования и главным показателям качества на стадии предварительной разведки; 5) комплексное изучение качества при установленном промышленном значении и наличии заявленной потребности по основным и детализирующим его параметрам (с учетом возможной взаимозаменяемости различных видов сырья) на стадии детальной разведки; 6) геометризация и подсчет запасов с учетом не только контура будущей открытой разработки, но и геологических (тектонических) и горнотехнических условий, определяющих возможность использования пород текущей добычи.

Для попутных полезных ископаемых (компонентов) II группы не существует специфических требований по проведению их разведки, опробования, аналитических работ, подсчета и оценки запасов в комплексных рудах. Они разведываются и оцениваются в соответствии с существующими требованиями для аналогичных компонентов в самостоятельных месторождениях. Запасы таких компонентов (например, сульфидной серы и цинка в медноколчеданных и колчеданно-полиметаллических рудах, меди, барита и флюорита — в полиметаллических рудах и др.) не оконтуриваются. Их содержания устанавливаются в каждой рядовой пробе, пересчитываются в условный основной компонент и учитываются

при оконтуривании рудных тел по основному компоненту. Запасы металлов компонентов II группы подсчитываются с учетом их средневзвешенных значений содержаний по выработкам, подсчетным сечениям и блокам подсчета запасов основного компонента.

На некоторых месторождениях медно-порфирового типа уже на стадии предварительной разведки выявляется сложное гнездовое распределение молибдена в контуре медных руд. Изучение и подсчет запасов молибдена по сети, принятой для разведки медных руд, может не обеспечить получения надежного представления о его содержании и распределении в рудах. Поэтому уже на ранней стадии изучения месторождения необходимо выделить участки, обогащенные молибденитом и подсчитать запасы по обычной и сгущенной разведочной сети.

Отмеченные особенности распределения компонентов II группы не являются типичными, но иногда они могут быть характерными для распределения меди, свинца, сурьмы и других элементов в рудах цветных металлов.

Полезные ископаемые (компоненты) III группы получают исключительно попутно в условиях комплексных производств. К ним относятся редкие и рассеянные элементы — кадмий, германий, индий, селен, теллур, таллий, рений, мышьяк, галлий, рубидий, цезий в рудах и концентратах цветных металлов. Близкими к указанным элементам по условиям концентрации, извлечения и оценки являются золото и серебро, накапливающиеся в медьэлектролитных шлаках при рафинировании меди, а также платина и платиноиды в платиноидных шлаках медно-никелевого производства.

Специальных разведочных работ для указанных компонентов не проводится. Согласно требованиям ГКЗ СССР [31] запасы редких и рассеянных элементов выявляются и подсчитываются по выработкам, пройденным для изучения основного компонента.

На стадии предварительной разведки в соответствии с общей задачей комплексного изучения качества необходимо прежде всего установить перечень всех присутствующих в рудах потенциально ценных компонентов. Для этого может быть использовано сравнительно небольшое число спектральных анализов (полуколичественных или количественных), а также анализов групповых проб, которые характеризовали бы основные типы и сорта руд. На основании этих исследований выясняются масштабы валовых запасов каждого из ценных компонентов в рудах и определяется общий характер их распределения по типам руд, рудным телам и участкам месторождения. По этим данным должны быть предварительно установлены условия концентрации элементов-примесей при обогащении руд и переработке концентратов, а также основные виды полупродуктов и редкометалльных продуктов, из которых предполагается извлечение элементов-примесей. При этом могут использоваться обобщенные схемы комплексной переработки концентратов цветных металлов (см. рис. 1—4).

На стадии детальной разведки производится целенаправленное изучение содержания и распределения редких и рассеянных элементов по

типам руд и основным рудообразующим минералам, извлекаемым в товарные концентраты. Для этого могут анализироваться рядовые пробы или их дубликаты, отобранные при изучении основного компонента. Чаще изучение рассеянных элементов осуществляется путем проведения систематического опробования с отбором групповых и мономинеральных проб, получением лабораторных и промышленных концентратов.

Методика указанных видов опробования за последние годы существенно не изменилась. Однако в связи с совершенствованием методов подсчета и учета запасов редких и рассеянных элементов — подсчетом и оценкой не только валовых, но и реально извлекаемых запасов — изменились соотношение различных видов опробования и их роль при подсчете запасов. Виды опробования определяются главным образом тем, какие запасы — валовые или связанные с основными рудообразующими минералами — изучаются, а также особенностями состава и строения руд.

При изучении валовых запасов содержания устанавливаются по рядовым (бороздовые, керновые, шпуровые, задривковые, точечные) или (чаще) по групповым пробам. Иногда валовые содержания элементов-примесей могут определяться и с целью подсчета реально извлекаемых запасов, например при переработке руд, направляемых в плавку без обогащения. При изучении валовых запасов средние содержания элементов в руде должны быть достаточно высокими и определяться с допустимой точностью. Следует отметить, что при низких содержаниях в руде таких элементов, как германий, индий, селен, погрешности химических анализов по данным внутреннего контроля иногда составляют $\pm (35\div 60)\%$, что резко снижает достоверность подсчета запасов и степень их разведанности.

Методы отбора рядовых проб общеизвестны. Групповые пробы отбираются в пределах рудных пересечений секциями длиной 3—5 м с объединением нескольких рядовых проб. При этом длина секций не должна быть больше мощности руд определенного типа или сорта и даже при равномерном оруденении не должна превышать 10 м. По одному рудному пересечению при значительной мощности рудного тела может быть отобрано несколько групповых проб.

Опробование с использованием всех рядовых проб проводится для особо ценных компонентов (практически только для золота и серебра). Для остальных компонентов, даже при использовании групповых проб, нерационально опробовать все рудные пересечения, учитывая попутный характер добычи и извлечения компонентов. Разведочная сеть для отбора групповых проб может быть значительно разрежена. С целью определения рациональной плотности сети на одном из участков месторождения может быть произведено сравнение параметров подсчета запасов редких и рассеянных элементов по рядовым и групповым пробам при различной плотности отбора последних по площади.

Опробование с отбором продуктов, обогащенных тем или иным рудным минералом, приобрело особо важное значение в связи с внедрением в практику разведки принципов дифференцированной оценки и подсчета запасов [5, 12, 15, 24, 25, 31]. Запасы, связанные в руде с

минералами, извлекаемыми в товарные концентраты (реально извлекаемые запасы), могут изучаться только с отбором мономинеральных или близких к ним по составу проб. Из крупнокристаллических разновидностей руд, отличающихся выдержанностью состава и строения, могут выделяться различными методами сепарации мономинеральные фракции. При наличии нескольких типов и сортов руд, характеризующихся тонкозернистостью либо тонким сростанием рудных и нерудных минералов, целесообразно отбирать штучные пробы, из которых затем получают лабораторные концентраты, а также производить опробование с использованием промышленных технологических концентратов. Опробование по концентратам дешевле и надежнее, поэтому более предпочтительно, чем выделение мономинеральных фракций. Хотя содержание минерала в пробе или металла в концентрате не лимитируется, в любом случае следует добиваться максимально высокого его значения. Число отбираемых проб минералов и концентратов, зависящее от плотности разведочной сети, размеров рудных тел и сложности их строения, должно обеспечить надежное определение средних значений содержаний элементов в основных типах руд и выявление характера их распределения в рудных телах как по мощности, простиранию (по площади), так и по минералам в руде. Учитывая, что отбор таких проб и проведение их анализов на комплекс элементов — трудоемкий и дорогостоящий процесс, опробование рудных тел обычно осуществляется по характерным разрезам, в которых все выделяемые типы руд имеют достаточную мощность.

В практике разведки месторождений цветных металлов число отбираемых групповых проб для месторождений среднего масштаба по запасам обычно достигает нескольких десятков, реже одной-двух сотен.

Мономинеральные пробы на ранее разведанных месторождениях отбирались в меньших количествах — по 20–30 проб, редко больше. В настоящее время в связи с необходимостью изучения и подсчета реально извлекаемых запасов рассеянных элементов, приуроченных к основному рудообразующим минералам, число мономинеральных или близких к ним по составу проб должно быть резко увеличено. Минимальное число проб, необходимое для выявления среднего значения содержания в пределах отдельного рудного тела или типа руд, должно быть 25–30, а общее число проб обусловлено числом рудных тел, их размерами и строением.

Компоненты III группы, которые заведомо не имеют в изучаемом типе руд практического значения или являются в них вредной примесью (например, мышьяк в медных рудах), могут изучаться по разреженной сети и с использованием небольшого числа групповых проб.

На основе анализов лабораторных и промышленных концентратов составляется баланс распределения рассеянных элементов по продуктам обогащения (табл. 3), изучаются условия концентрации и основные направления промышленного использования каждого из элементов.

Учет приведенных особенностей изучения качества попутных полезных ископаемых I–III групп, определяемых их второстепенным экономическим значением и попутным характером добычи, не исключает необходимости анализа плотности разведочной сети, применяемой для оценки

Таблица 3

**Баланс распределения основных и попутных компонентов
по продуктам обогащения медно-колчеданных руд***

Элемент	Руда	Концентрат			Отвальные хвосты
		медный	цинковый	пиритный	
Медь	1,3	25/89	0,8/5	0,05/4	0,1/2
Цинк	4,5	5,5/6	52,5/86	0,4/5	0,2/3
Сера	39	34/4	32/6	50/88	4/2
Кадмий	0,0012	0,0009/3,5	0,1/60,5	0,004/23	0,002/13
Индий	0,0008	0,005/20	0,007/45	0,0005/30	0,0001/5
Селен	0,0015	0,0035/11	0,0025/10	0,0016/70	0,0005/9
Теллур	0,0008	0,0019/10	0,0022/16	0,0004/35	0,0001/39
Германий	0,0001	0,0003/10	0,0002/12	0,0001/52	0,0001/26
Золото	0,6	6,80/47	0,5/5	0,4/38	0,4/10
Серебро	11	130/55	45/25	2/15	1,5/5

* В числителе приведено содержание компонентов (золота и серебра — в г/т, остальных — в %), в знаменателе — извлечение (в %).

Примечание. Выход продуктов обогащения для медного, цинкового, пиритного концентратов и отвальных хвостов составляет соответственно 5, 7, 68 и 20 %.

того или иного ценного попутного полезного ископаемого (компонента) и обоснования достоверности опробования.

Оптимальная плотность разведочной сети выбирается по методу ее разрежения с учетом изменения величины погрешностей определения подсчетных параметров основного и связанных с ним попутных компонентов в зависимости от числа пересечений. Плотность разведочной сети должна быть достаточной для квалификации запасов основного и попутных полезных ископаемых по промышленным категориям.

При изучении особенностей распределения содержаний основных и попутных компонентов II группы важное значение приобретает оценка достоверности основного вида опробования, которая производится следующими способами:

а) путем непосредственной заверки основного вида опробования другими более достоверными видами опробования (например, керновыми проб — борзодовыми и валовыми, борзодовых — валовыми и борзодовыми большого сечения и т. д.), а также геофизическими методами опробования;

б) с использованием косвенных методов заверки (например, путем сравнения основных подсчетных параметров и, в первую очередь, содержаний основных компонентов в блоках горных работ, отдельно по горным выработкам и скважинам);

в) по результатам специально проведенных работ по изучению возможности избирательного истирания керна или избирательного выкрашивания ценных минералов при отборе проб в выработках (опробование

шлама при бурении скважин, изучение зависимости содержаний компонента от выхода керна и др.);

г) путем обоснования оптимальной величины выхода керна, обеспечивающей достоверную оценку качества руд.

Объем и виды контрольных работ на конкретных месторождениях зависят от промышленного типа последних, характера изменчивости содержаний ценных компонентов, методики и выбранных средств разведки.

Специальные заверочные работы для оценки достоверности данных, применявшихся при выявлении содержаний попутных компонентов III группы, не проводятся. Однако для этих целей необходимо использовать все имеющиеся материалы, полученные при проведении соответствующих работ на основные компоненты. Целесообразно сравнить содержания попутных компонентов, определенных в пробах разной представительности при производстве основного и контрольного опробования (например, в керновых, бороздовых и валовых, керновых и технологических, рядовых керновых и групповых пробах, составленных из дубликатов основных проб и т. д.). Однако, к сожалению, в практике геологоразведочных работ при проведении крупнообъемного опробования (валового, технологического) содержание попутных компонентов, как правило, не определяется.

Косвенным методом оценки достоверности определения содержаний и соответственно запасов попутных компонентов является подсчет их запасов с использованием разных исходных данных (например, по групповым пробам, мономинеральным фракциям, продуктам обогащения).

Особого внимания заслуживает контроль химико-аналитических работ на попутные компоненты, так как в связи с низким их содержанием в рудах, концентратах и даже в продуктах металлургического или гидрометаллургического передела достоверность определения содержаний большинства попутных компонентов значительно ниже, чем основных элементов. Поэтому в соответствии с современными требованиями к изучению и оценке попутных полезных ископаемых [31] число анализов внутреннего и внешнего контроля для попутных компонентов должно составлять 10–20 % от их общего числа.

По результатам комплексного изучения качества запасы основного и попутных компонентов должны быть охарактеризованы с достоверностью, необходимой для их промышленного освоения.

Глава 5. УЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Технологические исследования руд являются необходимой составной частью работ по определению промышленной ценности разведываемых месторождений. Они выполняются специализированными организациями на основе испытаний лабораторных, полужаводских или заводских проб, которые отбираются с учетом данных разведочного опробования

и характеризуют технологические свойства основных типов и сортов руд в месторождении.

Одна из важнейших задач при разработке технологии — контроль за полнотой изучения всех потенциально ценных компонентов и условий их извлечения из сырья. Для руд сравнительно простого состава изучение технологии обычно сводится к разработке технологических схем и реагентных режимов обогащения в зависимости от их минерального состава, уровня средних содержаний извлекаемых компонентов, наличия вторичных изменений, ценных и вредных примесей, физико-механических свойств руд и т. д. Полученные технико-экономические показатели используются при обосновании кондиций и расчете возможного экономического эффекта промышленного освоения месторождений.

Для комплексных месторождений, в которых необходимо установить не только промышленную ценность основных компонентов, но и возможное промышленное значение пород и попутных полезных ископаемых во вскрыше месторождений, а также целесообразность извлечения ценных компонентов сырья из отходов его обогащения и металлургического передела, технологические исследования должны проводиться для всех потенциально ценных компонентов, и в этом случае контроль за полнотой опробования и технологической изученности руд играет особую роль. Кроме того, для комплексных видов сырья часто возникает задача расчета эффективности извлечения того или иного попутного компонента или их группы. В основе таких расчетов лежит калькулирование затрат на получение компонентов, которое выполняется с учетом общей технологической схемы переработки сырья и места в ней отдельных переделов. Поэтому специалистам, занимающимся разведкой и оценкой комплексных видов сырья, необходимо четко представлять, на каких стадиях переработки основных видов сырья образуются попутные полупродукты и товарные продукты, чем обусловлен их выход из исходного сырья, на какие достигнутые показатели извлечения можно ориентироваться при оценке попутных компонентов.

Наряду с выяснением общего перечня потенциально ценных компонентов, характерных для месторождений того или иного промышленного типа, необходимо учитывать особенности их извлечения при добыче и условия концентрации в процессах обогатительного или металлургического переделов. Этими условиями могут определяться как необходимые виды и объемы опробования, так и методы извлечения ценных компонентов. Например, в месторождениях бокситов могут изучаться и учитываться валовые запасы галлия, так как бокситовые руды направляются в передел, как правило, без обогащения и весь содержащийся в них галлий целиком переходит в алюминатный раствор и затем извлекается. В медноколчеданных рудах, наоборот, валовые оценки запасов попутных компонентов недопустимы, поскольку последние распределяются на стадии обогащения между медным, цинковым и пиритным концентратами, а также переходят в хвосты обогащения. Соответственно различаются и редкометалльные продукты, образующиеся при переделе концентратов, а также и технико-экономические показатели извлечения

даже одного и того же элемента. Поэтому для медноколчеданных руд необходимо производить технологическое опробование по типам и сортам руд, а оценку экономической целесообразности извлечения — дифференцированно: по элементам, видам перерабатываемых концентратов и полупродуктов. Одним из важнейших условий оценки запасов при этом становится составление баланса распределения элементов в руде и продуктах ее передела. С целью учета таких особенностей распределения попутных компонентов или их групп по продуктам передела сырья могут использоваться обобщенные схемы комплексной переработки руд цветных металлов (см. рис. 1—4).

На стадии добычи основными видами ценных попутных компонентов являются горные породы и нерудные полезные ископаемые во вскрыше месторождений (пески, глины, известняки, мел, мергели и т. п.).

Для оценки возможного промышленного значения и выяснения направлений использования попутных полезных ископаемых I группы на стадии предварительной разведки достаточно выявить параметры качества на основе изучения лабораторных проб. При технологических исследованиях на стадии детальной разведки отбираются пробы большого объема. Число проб и объем необходимых испытаний определяются, как правило, местными условиями и прежде всего количеством и качеством нерудного сырья, направлением его промышленного использования, заявленной потребностью и возможностью ее удовлетворения за счет отходов текущей добычи, возможностью транспортировки сырья на значительные расстояния и т. д.

На стадии обогатительного передела руд цветных металлов технологическими схемами предусматривается наряду с получением концентратов основных металлов (медного, цинкового, пиритного и др.) попутное производство целого ряда ценных рудных и нерудных концентратов и промпродуктов.

При комплексном использовании медных, медно-цинковых и полиметаллических руд на стадии обогащения возможно извлечение свободного (шлихового) золота на отсадочных машинах, а также извлечение золота в составе золото-медных и золото-пиритных флотационных концентратов. Из подобных руд возможно также получение баритового, флюоритового, магнетитового концентратов.

При обогащении молибденово-медных руд возможно получение молибденового, кварцевого, полевошпатового и слюдяного промпродуктов. Из руд касситерит-сульфидных месторождений на стадии обогащения извлекается коллективный сульфидный продукт с последующим его разделением.

Разнообразием минерального состава руд цветных металлов и характером распределения в них ценных компонентов обусловлена необходимость проведения технологического опробования с выявлением в ряде случаев технологических типов и сортов руд. Основное условие их выделения — возможность селективной выемки и переработки. В некоторых случаях в составе отдельных сортов руд могут преобладать те или иные попутные компоненты (кадмий и индий — в существенно цинковых рудах,

селен — в медных и т.д.), что следует учитывать при подсчете их извлекаемых запасов. Кроме того, богатые руды могут направляться на переработку без обогащения. На медноколчеданных месторождениях выделяются богатые медные руды для плавки без обогащения, медно-цинковые и цинково-медные сплошные и вкрапленные руды, перерабатываемые с обогащением, а также медно-серные (пиритные) руды. Для каждого из выделенных при технологическом картировании типов и сортов руд разрабатываются технологические схемы и реагентные режимы, обеспечивающие наиболее полное извлечение преобладающих в них и сопутствующих ценных компонентов.

С целью изучения технологических свойств руд отбираются минералогическо-технологические, малые технологические, лабораторные (укрупненно-лабораторные) и полупромышленные технологические пробы.

Предварительное изучение технологических свойств руд и в зависимости от их химического и минерального состава производится на основе испытаний минералогическо-технологических и малых технологических проб. При этом исследуется также характер распределения элементов-примесей по основным рудообразующим минералам. Пробы отбираются из остатков сокращения рядовых проб. Их масса колеблется от нескольких килограммов до 100 кг, а число проб определяется масштабами месторождения и разнообразием типов и сортов руд. С целью разработки принципиальных технологических схем обогащения для основных типов руд отбираются лабораторные пробы более значительной массы (от сотен килограммов до первых тонн).

На стадии детальной разведки осуществляется технологическое опробование с целью выявления параметров, необходимых для промышленной оценки месторождений, определения степени подготовленности их для промышленного освоения и проектирования обогатительного предприятия. Такие исследования сопровождаются отбором лабораторных и крупнотоннажных проб массой от нескольких тонн до 15 т. Для уточнения полученных результатов при изучении руд сложного состава могут отбираться полупромышленные пробы более значительной массы.

При отборе технологических проб любого вида важное значение имеет их представительность по отношению к характеризваемым запасам, которая определяется по соответствию химического и минерального состава руд, уровню средних содержаний металлов в них, объемной массе, степени окисленности, влажности, пористости и другим свойствам.

Учет технологических параметров, выявляемых на стадии обогащения руд, не всегда достаточен для оценки промышленного значения ряда компонентов II группы. Часть их может извлекаться при обогащении в одноименные концентраты (сера — в пиритный, барит — в баритовый, сурьма — в сурьмяный, цинк — в цинковый и т. д.) или переходить в виде минеральной примеси в разноименные концентраты (медь — в свинцовый и цинковый, висмут — в свинцовый, цинк — в медный и т. д.), а затем извлекаться при металлургическом переделе (медь и свинец — в кеки, висмут — в висмутистые дроссы, цинк — в купорос и т.д.). По-

этому на стадии разработки технологии обогащения руд должны не только изучаться показатели извлечения основных и попутных компонентов в самостоятельные (одноименные) виды концентратов, но и учитываться распределение и возможность извлечения целого ряда компонентов II группы из таких концентратов. С этой целью составляются балансы распределения элементов в руде и продуктах ее обогащения — промышленных концентратах и хвостах. Установленное извлечение этих компонентов в концентраты в последующем учитывается при расчете сквозного извлечения элементов и обосновании кондиций.

Следует подчеркнуть, что для попутных полезных ископаемых, извлекаемых при добыче или обогащении (компоненты I и II групп), технологические свойства и показатели изучаются в большинстве случаев с использованием действующих технологических схем и стандартизованных методик, разработанных для аналогичных видов сырья в самостоятельных месторождениях. Принятые технологические схемы служат основой для последующего расчета эффективности получения тех или иных попутных полезных ископаемых. Для попутных продуктов добычи достаточно учесть прямые затраты на добычу, транспортировку, обработку и складирование сырья.

Оценка целесообразности применения тех или иных схем обогащения является более сложной и требует учета распределения затрат на добычу, дробление, измельчение руды, флотацию, сгущение, фильтрацию, складирование и другие операции по различным критериям. Такие расчеты выполняются в специализированных организациях обогатительного профиля.

В соответствии с требованиями ГКЗ СССР при разведке месторождений необходимо также установить технологические особенности получения попутных компонентов III группы из продуктов обогащения комплексных руд. Основная трудность заключается в том, что специальные технологические исследования по изучению условий извлечения этих компонентов из руд конкретных разведываемых месторождений не проводятся. На всех предприятиях цветной металлургии редкие и рассеянные элементы извлекаются при переработке сложной по составу шихты — смеси нескольких одноименных концентратов, возвратных отходов, оборотных продуктов и др. Если на стадии добычи или обогащения руд можно оценить содержание каждого из элементов как в руде в целом, так и в каждом из промышленных концентратов путем прямого их опробования, то на стадии металлургического передела в силу значительного усреднения состава перерабатываемой шихты возможно определение только усредненных значений извлечения попутных компонентов III группы в те или иные виды редкометалльных продуктов и отходов производства, а из них — в товарную продукцию.

Следует иметь в виду, что технология извлечения и уровень технико-экономических показателей даже для одних и тех же элементов значительно различаются в зависимости от того, из каких исходных концентратов осуществляется их извлечение. Например, при переработке медно-порфировых руд рений извлекается как из молибденовых, так и (в основном)

из медных концентратов. Так как раздельной отчетности по уровню технико-экономических показателей извлечения рения из данных видов сырья не существует, то использование усредненных показателей заводской отчетности для целей оценки запасов рения может привести к искажению представлений о действительной эффективности извлечения указанного компонента как из молибденового, так и из медного сырья. Такие же примеры могут быть приведены и для ряда других попутных компонентов III группы — германия, селена, кадмия и т. д., поэтому геологам, занимающимся оценкой технико-экономической целесообразности извлечения редких и рассеянных элементов необходимо не столько знать детали технологии редкометалльного производства, которая непрерывно изменяется и совершенствуется, сколько иметь четкое представление об общей схеме комплексной переработки руды того или иного типа и места каждого попутного компонента в этой схеме.

При обогащении медноколчеданных руд образуются медные, цинковые и пиритные концентраты, в которых могут концентрироваться до 15 ценных попутных компонентов. В медных концентратах накапливаются в основном селен и теллур, золото и серебро, имеющие важное промышленное значение в медноколчеданном типе руд. В меньших количествах в этих концентратах присутствуют германий, кадмий, свинец, а также такие вредные элементы-примеси, как мышьяк и таллий (табл. 4). В цинковые концентраты переходят главным образом кадмий и индий, играющие важнейшую роль в медноколчеданных рудах, а также ртуть и селен. Флотационные пиритные концентраты являются основным источником серы для получения серной кислоты. Однако с этой целью используются также серосодержащие газы цинкового и медного производства, образующиеся соответственно при обжиге цинковых концентратов и конвертирования медного штейна. Наряду с серой пиритные концентраты содержат значительное количество селена и теллура, которые извлекаются в шламы сернокислотного производства, а также кобальт, таллий и другие элементы.

Наибольшие коэффициенты концентрации отмечаются для селена и теллура в медном концентрате, кадмия, индия, галлия — в цинковом. Коэффициенты концентрации остальных элементов сравнительно невелики. С отвальными хвостами связаны основные потери германия, галлия, таллия, селена и теллура (см. табл. 4).

При отражательной, кислородно-взвешенной, реже шахтной и других способах плавки медных концентратов (см. рис. 1) образуется первый редкометалльный продукт — пыли системы тонкого пылеулавливания. В них переходят германий и кадмий, а также медь, мышьяк и свинец. Пыли подвергаются вельцеванию, а образовавшиеся вельцоокислы выщелачиваются, раствор фильтруется с отделением медного, свинцового и арсенатного кеков. Из полученных растворов осаждаются германиевый концентрат и кадмий в губке. Растворы редкометалльного отделения используются также после их очистки и выпарки для производства медного купороса.

Практическое значение германия и кадмия, извлекаемых при пере-

Распределение рассеянных элементов по продуктам обогащения медноколчеданных руд Урала

Элемент	Концентрат						Отвалы и хвосты	
	медный		цинковый		пиритовый		Извлечение*, %	Коэффициент концентрации
	Извлечение*, %	Коэффициент концентрации	Извлечение*, %	Коэффициент концентрации	Извлечение*, %	Коэффициент концентрации		
Селен	5,2-44,5 18,8	1,8	3,5-13,7 6,5	1,2	21,1-80,9 61,2	1,1	1,6-28,4 9,7	0,4
Теллур	4-71 26,4	2,6	1,8-19,6 8,0	1,3	23,5-82,5 51,9	1,2	2,7-34,7 13,7	0,7
Германий	1,8-44,5 15,9	1,3	0,8-49,2 19,1	2,2	10,1-50,5 35,9	0,7	14,3-79,6 29,1	2,4
Кадмий	3,7-26,9 10,5	1,5	36,6-80,7 56,3	9,5	2,1-70 25,2	0,4	2,5-16,4 8,0	0,3
Индий	3,6-60,2 29,3	3	8,8-47,1 27,0	5,3	7,6-67 31,7	0,6	1,8-24 12,3	0,7
Галлий	1,9-26,7 11,4	1,2	1-53,5 30,4	3,8	3-43 21,8	0,3	13,1-67 36,4	1,9
Таллий	2-47 15,3	1,4	1-14 5,3	0,6	1-44 14,4	1,1	1-21 18,5	1,2

* В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние.

Распределение элементов по продуктам металлургического передела
медных концентратов медноколчеданных руд, %

Элемент	Штейн	Пыли	Отвальный шлак	Прочие потери
Медь	94,1	1,9	3,4	0,6
Сера	29,9	0,8	3,6	65,7
Селен	38,5	11,5	3,6	46,4
Теллур	26,7	15,6	22,9	34,8
Кадмий	13,4	5,2	45,4	36
Индий	54,5	2,7	26,7	16,1
Германий	27,8	36,9	19,9	15,4
Таллий	18,3	15,3	13,4	53

работке пылей указанным способом, незначительно, что связано с малым выходом тонких пылей при плавке сырья (грубые пыли направляются в оборот) и значительными потерями германия и кадмия в составе штейна и отвальных хвостов (табл. 5).

Более совершенной является технология извлечения германия из рудных пылей с применением ионообменных смол.

В балансе германиевого производства могут быть и нерудные германийсодержащие добавки (золы и др.), что должно учитываться при расчете обобщающих показателей для оценки запасов германия в богатых медных рудах (путем исключения нерудной части из баланса металла при расчете извлечения, проведения раздельного учета стоимостных показателей и т. д.).

Богатые медноколчеданные и медно-никелевые руды перерабатываются также по методу "полупиритной" плавки. В результате плавки в шахтных печах шихты, состоящей из сульфидной комовой руды, пылевых брикетов, флюсов и топлива, получают бедный штейн. Образующиеся при этом газы с высоким содержанием серы направляются после очистки на катализ, продуктом которого является элементная комовая сера. Бедный штейн подвергается сократительной плавке; получаемый богатый штейн в последующем конвертируется. Вторичная пыль передела сократительной плавки используется для извлечения германия, а газы — для производства серной кислоты.

Содержащиеся в медных концентратах золото, серебро, селен и теллур переходят при плавке в штейн, а затем — в черновую медь. При электролитическом рафинировании меди они накапливаются в медьэлектролитных шламах. Переработка шламов заключается в основном в их репульсации, удалении меди (обезмеживании), сушке, шихтовке с известью, грануляции, после чего они обжигаются в трубчатой шахтной печи. Возникающие при этом газы содержат селенистый ангидрид, который улавливается раствором щелочи, концентрируется, подвергается аэрации с отделением селенового осадка. После промывки и сушки образуется

технический селен марки СТ-2. Он может быть рафинирован путем плавления с получением селена более высоких марок — СТ-1 или СТ-0.

Огарки, сформировавшиеся после обжига шламов, плавят в присутствии соды в отражательной печи, в результате чего образуются золото-серебряный сплав и содисто-теллуристые шлаки. При выщелачивании шлаков теллур переводится в раствор, из которого он затем извлекается путем электролиза. Остаточные растворы, в которых присутствует селен, возвращаются в селеновую ветвь.

Продуктом обжига пиритных концентратов является сернистый газ с селенидами, который направляется на контактирование в серноокислородное производство совместно с селенсодержащими газами конвертерного передела. После образования промывной кислоты и ее фильтрации отделяют товарные селеновые шламы.

Цинковые концентраты обжигают в печах кипящего слоя. При этом формируются огарки, содержащие цинк, медь, кадмий, индий и свинец, а также сернистые газы с селеном и ртутью. Последние направляются на производство серной кислоты по обычной схеме (промывка газов в промывных башнях, очистка конденсата в мокрых электрофильтрах, сушка, контактирование, абсорбция в олеумных или моногидратных абсорберах, фильтрация). После фильтрации получают комплексный продукт — ртутно-селенистый шлам, который является товарной продукцией. Ртуть постоянно присутствует в цинковых концентратах и, вероятно, входит в состав блеклых руд, отмечаемых в виде тонкой вкрапленности в сфалерите.

Огарки, возникающие после обжига цинковых концентратов, подвергаются выщелачиванию. При этом цинк переводится в раствор, который фильтруется с отделением цинкового и медно-кадмиевого кеков. Из очищенного раствора цинк осаждается путем электролиза на алюминиевых катодах, плавится и разливается в чушковый цинк.

Из медно-кадмиевого кека после ряда подготовительных операций выщелачивается кадмий, который затем осаждается путем электролиза и плавится с образованием чушкового кадмия. Цинковый кек, содержащий индий, свинец, медь и цинк, подвергается вельцеванию в вельцевых печах. При этом индий и свинец переходят в возгоны, из которых индий переводится в раствор, а свинец — в свинцовый кек. Медь и цинк после вельцевания цинкового кека накапливаются в клинкере и направляются вместе с пылями грубого пылеулавливания в оборот (на агломерацию шихты).

Таким образом, в цинковом производстве сопутными редкометаллическими продуктами являются ртутно-селенистый шлам, медно-кадмиевый и цинковый кеки.

В процессе обогащения колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых руд рассеянные элементы распределяются между свинцовым, цинковым, медным и пиритным концентратами (табл. 6). При этом распределение кадмия и индия по концентратам в целом аналогично таковому для медноколчеданных руд. Обращает на себя внимание высокая концентрация селена и особенно теллура в свинцовых концентратах, индия и кадмия — в цинковых.

Таблица 6

Распределение рассеянных элементов по продуктам обогащения
свинцово-цинковых руд, %

Промыш- ленный тип мес- торожде- ний	Концентрат	Кадмий	Селен	Теллур	Индий	Таллий	Галлий	Германий
Колчедан- но-поли- метал- лический	Свинцовый	6,1	47,3	20,2	4	2,6	3,8	1,7
	Цинковый	73	17,4	14,2	26,6	2,1	11,7	14,8
	Медный	2,8	6,7	5,1	6,2	1	0,9	1,9
	Пиритный	6,4	13,8	8,8	10,2	28,6	8,6	13
Страти- формный	Свинцовый	8,8	3,7	25	7,4	30,2	3,3	8,9
	Цинковый	51	3,1	8,3	66,8	11	34,4	10,2
Скарно- вый и метасо- матичес- кий	Свинцовый	8,4	9	29	1,4	8	0,5	3
	Цинковый	78,5	5	8	61	3	10,5	10

При комплексной переработке медноколчеданных руд медное и цинковое производство обособлены (см. рис. 1.). Колчеданно-полиметаллические руды (см. рис. 3) перерабатываются по аналогичной схеме, однако при этом медное и цинковое производство комбинируются с выделением общих для медной и цинковой ветвей редкометальных продуктов — кадмийсодержащих и других растворов.

Металлургический передел цинковых и пиритных концентратов, извлекаемых из свинцово-цинковых руд, производится на специализированных цинковых и сернокислотных заводах по уже описанным схемам: в цинковом производстве извлекаются индий и кадмий при переработке цинковых и медных кеков, в сернокислотном — сера в серную кислоту и селен в шламы.

При переработке свинцовых концентратов попутные компоненты переходят в пыли агломерации и плавки (рений, индий, кадмий и таллий) и черновой свинец (теллур, сурьма, висмут, мышьяк, олово и драгоценные металлы).

Поступающие на гидрометаллургическую переработку пыли подвергаются грануляции с помощью серной кислоты, а затем — сульфатизирующему обжигу в печах кипящего слоя. Полученный сульфатный продукт выщелачивается и фильтруется, причем свинцовый кек возвращается в цех агломерации, а из редкометального раствора извлекается рений путем сорбции активированным углем в присутствии аммиака. Рений в сорбенте является товарной продукцией и используется для производства перрената аммония.

Очищенный от рения редкометальный сульфатный раствор направ-

ляется на двухстадийную экстракцию индия. Из экстракта и резэкстракта в специальных реакторах цементируется индиевая губка, которая преобразуется затем в черновой индий. После электролитического рафинирования и плавки получают товарный индий в слитках.

После выделения индия раствор поступает на гидролитическую очистку от свинца и других примесей. Из очищенного раствора цементируется кадмиевый порошок, вместе с которым осаждается также таллий. В результате плавки порошка образуются черновой кадмий и таллиевые дроссы. Черновой кадмий рафинируется и разливается в слитки. Таллиевые дроссы отмываются, репульпируются, отфильтровываются, плавятся и рафинируются; продуктом переработки является товарный таллий. При обестеллурировании черного свинца получают теллуристые плавцы, из которых после плавления и выщелачивания выделяется товарный теллуровый концентрат.

Удаление сурьмы, олова, мышьяка и висмута производится с целью качественного рафинирования свинца. При этом выделяются также драгоценные металлы (в основном серебро).

Выход пылей, плавов и дроссов, образующихся при переработке свинцовых концентратов, крайне низок (от 1 кг до нескольких десятков килограммов на 1 т свинца) и поэтому извлечение в указанные редкометалльные продукты рассеянных элементов (индия, кадмия, таллия, теллура) также является незначительным. Следует особенно подчеркнуть, что наличие рения в составе свинцовых пылей связано с примесью рений-содержащих медных минералов в составе свинцовых концентратов и поэтому показатели извлечения рения могут использоваться лишь для ориентировочной оценки его запасов в свинцовых рудах других промышленных типов.

Таким образом, первоочередному изучению и оценке в составе галенита свинцово-цинковых руд подлежат теллур, индий и кадмий, а также висмут, сурьма и драгоценные металлы.

При обогащении молибденово-медных руд (см. рис. 2) образуются молибденовый и медный концентраты. Молибден может извлекаться также в молибденовый промпродукт.

Медные концентраты перерабатываются по обычной схеме (см. рис. 1) с получением вайербарсовой меди, золото-серебряного сплава, селена и теллура в шламах. Особенностью попутного производства, связанного с производством меди, может быть извлечение рения из газов конвертерного передела. Возникающие при конвертировании сернистые газы стабилизируются по содержанию серы и направляются на изготовление серной кислоты. Вместе с серой в составе газов присутствует легколетучая окись рения. В промышленном отделении серноокислотного цеха рений поглощается раствором серной кислоты, которую вместе с раствором промывки серноокислотных шламов направляют на угольные колонки, где рений адсорбируется углем. В последующем производится десорбция рения и его извлечение из раствора на ионитовых колонках. После насыщения ионита колонки промывают раствором аммиака; при этом получают кристаллы черного перрената аммония, который

может в дальнейшем перерабатываться совместно с перренатом из молибденовой ветви. Конечным продуктом переработки является рений металлический в порошке или в штабиках.

Извлечение рения из медных концентратов высокоэффективно, однако следует отметить, что это во многом обусловлено повышенными содержаниями рения в привозных медных концентратах, поступающих в переработку вместе с медными концентратами медно-порфиновых руд.

Молибденовые концентраты обжигают, огарки выщелачивают и из образовавшегося раствора осаждают молибдат кальция. Фильтрат после отделения молибдата кальция направляется на экстракцию рения активированным углем с последующим переводом рения в раствор (элюацией) и повторной экстракцией его в ионитовых колонках. После упаривания раствора осуществляется кристаллизация перрената аммония и его переработка в металлический рений в порошке или штабиках (см. рис. 2).

В существующей заводской отчетности показатели извлечения рения в молибденовом и медном производствах объединяются, и по "усредненным" их значениям оценивается эффективность извлечения рения "из руды". Очевидно, что использование таких "усредненных" показателей для оценки запасов рения, связанных в руде с молибдением и халькопиритом, недопустимо. Показатели извлечения рения в молибденовом и медном производствах (извлечение из концентратов, выход в расчете на 1 т металла, себестоимость и цена единицы товарной продукции) должны использоваться для оценки запасов рения в молибдените и халькопирите только отдельно.

Кроме того, следует иметь в виду, что извлечение рения из медных концентратов медно-порфиновых руд может быть эффективным при условии их совместной переработки с некоторыми видами медных концентратов, содержащих повышенное количество этого элемента. Поэтому при оценке запасов рения, поступающего в медные концентраты, необходимо учитывать реальные условия их промышленной переработки.

Селен и теллур при переработке медных концентратов из медно-порфиновых руд могут извлекаться не в технический металл, а только в медьэлектролитные шламы. Поэтому для более обоснованной и полной оценки их запасов следует учитывать показатели специализированных производств по получению селена и теллура из шламов.

При переработке апатит-нефелиновых руд в апатитовом концентрате накапливаются фтор и редкоземельные элементы, а в хвостах апатитовой флотации — алюминий, натрий, калий, галлий, рубидий и цезий в составе нефелина (см. рис. 4). При производстве удобрений из апатитовых концентратов с использованием сернокислотного способа попутно получают фосфогипс, а также фтор. Вопросы утилизации этих компонентов в настоящее время в промышленных масштабах не решены.

При азотнокислотном способе переработки концентратов возможно извлечение редкоземельных элементов, однако технология их промышленного извлечения не освоена. При переработке хвостов апатитовой флотации производится нефелиновый концентрат и возможно получение сфенового, эгиринового и титан-магнетитового концентратов. Нефели-

новые концентраты используются как сырье для производства глинозема. Они спекаются с известью; при этом формируются водорастворимые алюминаты щелочных металлов и двухкальциевый силикат (в спеке). Спек выщелачивается; из образовавшегося белитового шлама изготавливают цемент, а алюминатный раствор (фильтрат) подвергается карбонизации с получением "затравки" гидроокиси алюминия. Около 50 % раствора поступает на осаждение гидроокиси алюминия, которая после промывки подвергается кальцинации, в результате чего получают глинозем.

Оставшийся раствор используется при производстве соды и поташа. После двухстадийной карбонизации из раствора выделяются гидроокиси алюминия, сода и поташ и образуется осадок алюмогаллокарбонатов — исходный редкометальный продукт для получения галлия. Так как 50 % растворов идет на производство глинозема и содержащийся в них галлий теряется, то извлечение галлия в алюмогаллокарбонатный осадок не превышает 28 %. Поэтому приведенная схема совершенствуется с целью уменьшения (до 20–25 %) объема растворов, из которых извлекается только глинозем.

Галлийсодержащий осадок растворяется; образовавшийся галлатный раствор подвергается электролизу (цементации). При электролизе на поверхности жидкого галлиевого катода осаждается губчатый галлий, который снимается, растворяется щелочью, фильтруется. Осадок галлия промывается кислотами и направляется на очистку (вакуумирование) и разливку. Из оставшегося раствора возможно извлечение цезия в квасцах и рубидия, но подобная технология пока не освоена.

Таким образом, при комплексной переработке апатит-нефелиновых руд реальное промышленное значение могут иметь фтор и редкие земли в апатитовых концентратах, сода, поташ, цемент и галлий, получаемые при переработке нефелинового сырья. Однако сода, поташ и цемент являются сложными "техногенными" продуктами, образующимися в результате спекания концентратов с известью, и экономический эффект от их производства может быть учтен при обосновании кондиций и оценке апатит-нефелиновых руд лишь частично. Для этого требуется проведение специальных расчетов с определением и учетом ценности добавок в глиноземном, содово-поташном и цементном производствах.

При комплексной переработке медно-никелевых руд получают медный и никелевый концентраты или коллективный сульфидный медно-никелевый продукт. В первом случае медные концентраты перерабатываются по уже описанной схеме, а из никелевых и медно-никелевых производится штейн, который конвертируют с последующим выделением медной и никелевой составляющих. После обжига и электроплавки получают никелевые аноды подвергаются электролизу. При этом металлы платиновой группы и рассеянные элементы переходят в платиноидные шламы, из которых они затем извлекаются в редкометальном производстве. Извлечение редких и рассеянных элементов возможно также и из других типов руд, однако в промышленных масштабах оно не осуществляется.

Из изложенного следует, что технологические особенности комплекс-

ной переработки руд должны учитываться уже на стадии предварительной разведки месторождений цветных металлов и прежде всего при рядовом и технологическом опробовании. Для компонентов III группы и части компонентов II группы, накапливающихся в концентратах основных металлов, специальные технологические исследования с получением конечной товарной продукции не проводятся. Однако для обоснования кондиций и оценки запасов основных и попутных компонентов важное значение имеет изучение баланса распределения элементов-примесей по минералам в руде и продуктам ее обогащения. Показатели извлечения элементов при металлургическом переделе (включая стоимостные) могут приниматься для оцениваемых руд по аналогии при обязательном учете специфики технологических схем основного и попутного производства на предприятии — потребителе сырья. При выборе аналогов могут использоваться описанные схемы комплексной переработки руд цветных металлов.

Глава 6. ПРИНЦИПЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Целью геолого-экономической оценки месторождений является определение их относительного народнохозяйственного значения с использованием системы натуральных и стоимостных показателей [1, 2, 13].

Оценка месторождений по результатам предварительной разведки производится в форме технико-экономического доклада (ТЭД) о целесообразности детальной разведки и промышленного освоения месторождения, а по результатам детальной разведки — в виде технико-экономического обоснования (ТЭО) постоянных кондиций.

Важнейшие натуральные показатели для оцениваемых месторождений — запасы ценных компонентов, содержания их в различных типах руд, масштабы будущего горнодобывающего предприятия по добыче и переработке сырья, извлечение основных и попутных компонентов при добыче и переделе.

К числу стоимостных показателей относятся затраты на разведку месторождения, капитальные затраты на его промышленное освоение, себестоимость различных видов товарной продукции, прибыль, окупаемость капитальных затрат — прибыль, уровень рентабельности.

Результирующим показателем (критерием) оценки, используемым также при оконтуривании запасов с целью наиболее полного и эффективного их извлечения, служит суммарная за время освоения месторождения прибыль, исчисляемая по разности между себестоимостью и ценой товарной продукции в действующих оптовых ценах. Для отдельных видов полезных ископаемых допускается использование в порядке исключения расчетных цен или замыкающих затрат, которые в каждом отдельном случае должны быть согласованы с добывающими министерствами и директивными органами (Госкомцен СССР, Госплан СССР и др.). По величине суммарной прибыли месторождения могут быть

ранжированы в определенном порядке, что имеет важное значение при установлении очередности их освоения. Важнейшим элементом оценки является также учет географо-экономических и социально-экологических факторов.

По совокупности указанных показателей выявляется сравнительная народнохозяйственная ценность месторождений, и они включаются в отраслевые и территориальные планы для промышленного освоения.

В отличие от запасов "основных" видов полезных ископаемых запасы попутных компонентов оцениваются в месторождениях, целесообразность промышленного освоения которых определяется эффективностью их отработки по основному полезному ископаемому. Вместе с тем возможность эффективной отработки месторождения с учетом извлечения одного-двух основных компонентов руд не означает, что запасы остальных ("попутных") компонентов могут подсчитываться и учитываться без их экономической оценки. Однако применить в полном объеме критерий народнохозяйственной эффективности к оценке запасов попутных полезных ископаемых практически невозможно по ряду причин. Прежде всего многие виды попутных полезных ископаемых в комплексных месторождениях цветных металлов (например, кадмий, индий, рений, барит, пирит и др.) не имеют собственной минерально-сырьевой базы. Это практически исключает возможность использования в качестве сравнительных оценочных показателей среднеотраслевых значений себестоимости, качества, извлекаемой ценности и др. Условия получения большинства попутных полезных ископаемых, как правило, уникальны не только по используемым видам сырья и получаемых из него продуктов, но и по применяемой технологии. Одни и те же ценные попутные компоненты (породы вскрыши, продукты обогащения или металлургического передела) могут извлекаться из месторождений различных промышленных типов и разных видов сырья (селен — из медных, цинковых и пиритных концентратов, рений — из медного и молибденового концентратов и т. д.), чем обусловлены значительные различия в структуре и эффективности затрат, возможных объемах производства и т. д.

По совокупности указанных причин и главным образом в силу попутного характера отработки запасы попутных полезных ископаемых не оцениваются и не ранжируются для промышленного освоения по критерию народнохозяйственной эффективности. В этом нет необходимости и с экономической точки зрения, так как применение этого критерия для решения более простых задач оперативного управления производством, к которым относится большинство процессов комплексного использования сырья, неизмеримо усложнило бы принятие правильных решений [2]. Важно, чтобы используемые при оценке принципы и показатели, как это отмечает А.С. Астахов, были бы "... упрощенной модификацией единого критерия народнохозяйственной эффективности и что-бы степень вносимых в каждом отдельном случае упрощений строго соответствовала объективным особенностям самих решаемых задач" [2]. Поэтому первым общим принципом оценки запасов попутных полезных ископаемых является максимально полное их изучение и учет

в месторождениях, рентабельных для отработки по основному компоненту.

Этот принцип может быть реализован при условии использования в качестве предельно допустимой величины для оценки целесообразности извлечения попутных компонентов нулевой рентабельности их производства, которая отвечает определению понятия попутных полезных ископаемых. Применение принципа нулевой рентабельности при оценке попутных полезных ископаемых не противоречит критерию народнохозяйственной эффективности оценки запасов месторождения в целом, поскольку учет таких запасов даже на уровне предельно допустимых показателей (фактические средние их значения будут всегда выше предельно допустимых) не ухудшит экономических результатов отработки месторождения в целом.

Нулевая рентабельность не может использоваться в качестве предельно допустимой величины при оценке суммы запасов всех видов попутных полезных ископаемых в месторождении, так как если допустить общий (так называемый "котловой") учет затрат и их сопоставление с общей стоимостью товарной продукции при условии нулевой рентабельности, то производство ряда компонентов может оказаться убыточным, что приведет к снижению эффективности отработки месторождения в целом. Поэтому необходимость дифференцированной оценки запасов попутных полезных ископаемых по видам перерабатываемого сырья, стадиям производства (переделам) и определенным попутным компонентам является вторым общим принципом их оценки. Применение этого принципа соединяет понятия хозрасчетного эффекта каждого отдельного вида производства с принципом народнохозяйственной эффективности отработки месторождения в целом. Именно на этой основе может быть определен рациональный перечень попутных полезных ископаемых, подлежащих извлечению, и сформирован реальный механизм для изменения структуры и оптимизации комплексного (основного и попутного) производства. Следует при этом иметь в виду, что часть компонентов может учитываться и извлекаться и по внеэкономическим соображениям (для удовлетворения народнохозяйственной потребности, с целью защиты окружающей среды и т. д.), что не противоречит принципу народнохозяйственной эффективности освоения месторождений в целом.

Третий общий принцип оценки запасов всех видов попутных полезных ископаемых заключается в возможности проведения их оценки в условиях действующих производств по уровню предстоящих затрат. Учет затрат на получение любых видов попутных полезных ископаемых должен начинаться с той стадии, где разворачивается их индивидуальное производство. Распределение общих расходов на разведку и освоение месторождения между всеми ценными компонентами может обусловить потерю части запасов компонентов, которые могут оказаться в этом случае забалансовыми.

Точно так же полное исключение затрат на добычу (для компонентов I группы) либо на извлечение из продуктов обогащения или металлургического передела сырья (для компонентов II и III групп), которое

иногда допускается в практике хозяйствования, может привести к искажению действительной эффективности как попутного, так и основного производства, нарушению хозрасчетных принципов взаимоотношений цехов и предприятий, исключению экономических основ для правильного ценообразования на попутную продукцию и стимулирования комплексного использования сырья и, главное, к возможности оценки и учета запасов при содержаниях, близких к кларковым. Оценка запасов попутных полезных ископаемых, как и запасов основных компонентов, должна быть экономически обоснованной. В случае необходимости капитальных затрат должна предусматриваться и их окупаемость прибылью.

В зависимости от принадлежности попутных полезных ископаемых к одной из трех групп указанные общие принципы трансформируются в систему оценочных показателей [25]. Учет принадлежности попутных компонентов к одной из трех групп важен в том отношении, что им определяются уровень оценки попутных полезных ископаемых и условия формирования оценочных показателей.

Важнейшей особенностью оценки запасов попутных полезных ископаемых I группы является учет местных условий их производства: соответствие ГОСТам и ТУ, возможность осуществления селективной добычи сортовых материалов и транспортировки, наличие заявленной потребности и отпусковых цен на попутную продукцию. В соответствующих разделах ТЭО кондиций целесообразность промышленного использования совместно залегающих (попутных) полезных ископаемых, например получения строительных материалов из пород вскрыши, должна оцениваться с учетом затрат на транспортировку горной массы до дробильно-сортировочной фабрики и переработку каждого отдельного вида сырья в товарную продукцию. Расходы, связанные с добычей и транспортировкой до отвала пород вскрыши, относятся на основной компонент, с себестоимости которого списывается дополнительная прибыль от попутного производства. В случае необходимости селективной добычи попутных полезных ископаемых с сохранением их естественного качества при оценке могут учитываться и затраты на добычу [26].

В том случае, когда выемка некондиционных по содержанию основного компонента руд производится совместно с породами вскрыши, целесообразность промышленного использования таких руд может быть оценена по уровню предстоящих затрат на их переработку без учета расходов на добычу и транспортировку. Как показал В.И. Терновой [30], для одного из случаев оценки при условии нулевых расходов на разведку и добычу сырья минимальное промышленное содержание может быть снижено почти в 3 раза и за счет этого в переработку может быть дополнительно вовлечено значительное количество забалансовых руд.

Исходя из тех же принципов формирования затрат могут оцениваться запасы рудных тел, отделенных от основного рудного тела некондиционными прослоями бедных руд или пустых пород. В этом случае кондиция учитывается объем и качество запасов в отдельном рудном теле (методика такого расчета излагается при рассмотрении кондиций для комплексных руд).

Иногда может возникнуть ситуация, когда извлекаемые ценности основного и попутного полезного ископаемого примерно равны, а их использование возможно только при условии совместной (одновременной или последовательной) добычи. Это бывает при чередовании тонких прослоев богатых руд и вмещающих пород (железорудное месторождение Магнитный ключ на Урале) либо при совмещении в плане контуров запасов попутного и залегающего под ним основного полезного ископаемого. Задача еще более осложняется тем, что заявленная потребность в попутном полезном ископаемом, как правило, составляет лишь часть его запасов. Если селективная выемка полезных ископаемых невозможна, то целесообразность промышленного освоения месторождения должна оцениваться в подобном случае с учетом оптимального соотношения суммарных затрат, стоимости товарной продукции и ограничений, накладываемых возможностью промышленного использования сырья в местных условиях. Месторождение считается промышленным, если суммарные затраты не превосходят суммарную извлекаемую ценность и обеспечивается нормативный уровень рентабельности по сумме запасов компонентов, а рентабельность по отдельным оцениваемым полезным ископаемым не ниже нулевой.

При оценке запасов попутных компонентов I группы особого внимания заслуживает обоснование объемов добычи и потребления сырья, так как от масштабов добычи в наибольшей степени зависит уровень оценочных показателей. При необоснованно малых объемах добычи значительная часть попутных полезных ископаемых может быть безвозвратно потеряна. При невозможности использования запасов в полном объеме должно быть предусмотрено складирование ценных видов попутных полезных ископаемых (лессы, мел, известняки и др.) и их учет в составе вторичных сырьевых ресурсов.

Компоненты II группы могут быть получены при обогащении концентратов руд (пирит, барит, флюорит, молибденит и др.) или переработке концентратов основных металлов (золото, серебро, сурьма, висмут и др.).

При определении стоимостных показателей, используемых для оценки запасов компонентов II группы, извлекаемых в самостоятельные концентраты и промпродукты, суммарные расходы на добычу, транспортировку и обогащение руды распределяются между основными и попутными компонентами по различным критериям — массовым процентам, соотношению оптовых цен и др.

Совместная добыча и извлечение в обогатительном переделе, возможность определения показателей извлечения каждого элемента из всех оцениваемых типов руд путем прямых технологических испытаний, а также наличие установленных оптовых цен на извлекаемые компоненты в концентратах и металлах позволяют приводить их к основному условному компоненту через переводные коэффициенты и оконтуривать рудные тела по условному металлу. В каждом отдельном случае оценки обоснования заслуживает выявление минимальных содержаний, подлежащих переводу в условный металл, и определение необходимого

среднего качества запасов, обеспечивающего получение стандартных товарных концентратов и промпродуктов.

Таким образом, компоненты II группы, извлекаемые в самостоятельные концентраты и промпродукты, оцениваются с использованием технологических и экономических показателей, устанавливаемых по результатам прямых технологических испытаний руд.

Элементы, накапливающиеся в концентратах основных металлов и извлекаемые из них при последующем переделе (сурьма, ртуть, висмут и др.), должны быть отнесены по условиям извлечения и формирования оценочных показателей к компонентам III группы. Оценка промышленного значения запасов компонентов III группы с учетом себестоимости их получения и технологических показателей извлечения из концентратов в редкометалльные полупродукты и конечную товарную продукцию до последнего времени не производилась.

В зависимости от форм связи с теми или иными рудообразующими минералами. попутные компоненты III группы — редкие и рассеянные элементы — имеют различное промышленное значение. Поэтому оценить реально извлекаемые запасы указанных элементов в недрах можно только путем изучения баланса их распределения по минералам в руде, продуктам обогащения и отходам металлургического передела основных промышленных концентратов и сопоставления затрат на получение элементов с их извлекаемой ценностью по каждому из перерабатываемых промышленных концентратов. Это условие отвечает особенностям промышленного получения попутных компонентов III группы и соответствует современным требованиям ГКЗ СССР к подсчету извлекаемых запасов [31]. Подсчет и учет только валовых запасов искажает представление о действительных масштабах промышленного оруденения, достигнутых показателях извлечения, источниках потерь и неиспользуемой части запасов, а также позволяет учитывать запасы попутных компонентов при любых содержаниях без обоснования технической возможности и экономической целесообразности их получения.

Вместе с тем экономическая оценка реально извлекаемых запасов, связанных в руде с основными рудообразующими минералами, переходящими в товарные концентраты, крайне затруднена. Это обусловлено тем, что оптовые цены для большинства редких и рассеянных элементов (за исключением кадмия и при особо высоких содержаниях — индия в цинковых, а рения — в молибденовых концентратах, драгоценных металлов при определенном уровне их содержаний) в рудах и концентратах не установлены. В силу резко выраженного попутного характера добычи и извлечения редких и рассеянных элементов затраты, которые можно было бы на них отнести, либо крайне незначительны (затраты на отбор и обработку групповых проб и проведение анализов), либо вообще отсутствуют (на стадиях добычи и обогащения руд). Издержки по извлечению редких и рассеянных элементов из концентратов основных металлов начинаются только на стадии сбора и переработки полупродуктов и отходов основного производства — шламов, кеков, пылей и др. Вследствие того что затраты на изучение характера распределения (баланса)

рассеянных элементов по продуктам металлургического передела концентратов и расходы на их извлечение формируются вне горно-геологического цикла работ, использование этих показателей при оценке месторождений затруднено. На действующих металлургических и других предприятиях систематический учет и составление балансов распределения элементов осуществляются не всегда и только для последних стадий и продуктов редкометалльного производства.

Стоимостные показатели получения редких и рассеянных элементов в соответствии с действующей инструкцией по калькулированию затрат на подавляющем большинстве предприятий также не определяются. Стоимость попутных компонентов по оптовым ценам списывается с себестоимости основной продукции, на которую относится вся сумма затрат основного и попутного производства (см. гл. 8). Иногда это списание осуществляется по условной себестоимости, которая рассчитывается путем уменьшения оптовой цены рассеянного элемента на величину нормативной рентабельности. Исключения представляют лишь отдельные элементы (например кадмий, галлий, рений), получаемые в условиях сравнительно простых (или монометалльных) производств. Однако на металлургических предприятиях обычно не возникает необходимости обоснования минимальных экономически допустимых содержаний извлекаемых элементов в перерабатываемых полупродуктах, а тем более в концентратах и рудах.

Таким образом, для геолого-экономической оценки целесообразности комплексного использования сырья и обоснования минимальных экономически допустимых содержаний редких и рассеянных элементов требуется проведение специальных исследований, направленных на изучение баланса распределения элементов в исходном сырье и извлечения их во все виды промежуточной и конечной товарной продукции. Кроме того, необходимы специальные работы по калькулированию затрат и выявлению стоимостных показателей извлечения редких и рассеянных элементов.

Составление балансов распределения элементов по видам исходного сырья (концентратам) и продуктам их передела не представляет затруднений на современных предприятиях с хорошо налаженной лабораторной службой. Для многих предприятий такие исследования периодически выполняются специализированными научно-исследовательскими организациями.

В основу выявления стоимостных показателей для геолого-экономической оценки попутных компонентов III группы должны быть положены следующие основные принципы, соответствующие общим принципам оценки попутных полезных ископаемых.

1. Проведение оценки строго дифференцированно по видам перерабатываемых концентратов и элементам (например, запасы селена следует оценивать не в целом по медноколчеданной руде, а отдельно в халькопирите, сфалерите и пирите в соответствии с показателями его извлечения из соответствующих промышленных концентратов). Для реализации этого принципа необходимо детально изучить организацию, техноло-

гию и балансы основного и попутного производств и найти место каждого редкометального производства в непрерывном технологическом процессе переработки комплексного сырья. Для каждого из оцениваемых элементов выделяются первые переделы, начиная с которых производятся коллективные или индивидуальные затраты на извлечение рассеянных элементов. На этой основе по уровню трудовых и материальных затрат может быть определена себестоимость получения редкометальных полупродуктов собственного производства, что имеет важное значение для выявления действительной себестоимости основной и попутной продукции и создания основ для правильного ценообразования.

2. Учет при оценке элементов не только прямых затрат при переделе, но и части коллективных расходов, начиная со стадии сбора и первичной обработки исходных редкометальных продуктов. Коллективные расходы распределяются между отдельными компонентами по показателям, непосредственно связанным с технологическими и экономическими показателями производства. Они могут составлять 40–60 % и более всех расходов комплексного производства. Учет коллективных расходов особенно важен, если редкометальный полупродукт на коллективном переделе содержит несколько элементов, и большая часть указанных расходов приходится только на один-два из них (например, при извлечении золота, серебра, селена и теллура из медьэлектролитных шламов). Исключение коллективных расходов при калькулировании затрат приводит к резкому занижению стоимостных показателей и уменьшению расчетной величины минимальных экономически допустимых содержаний до уровня кларковых [24].

3. Проведение оценки запасов редких и рассеянных элементов на уровне нулевой рентабельности не для отдельных подсчетных блоков, а для месторождения в целом или определенных промышленных типов руд. Это обусловлено главным образом тем, что запасы попутных компонентов III группы извлекаются с рудой из недр вне зависимости от экономики их последующего получения. Они оцениваются в контуре балансовых запасов основного компонента, по которому определяется рентабельность отработки месторождения в целом. В этом состоит основное отличие минимальных экономически допустимых содержаний, используемых при оценке запасов рассеянных элементов [12], от минимальных промышленных содержаний основных компонентов. Фактически учитываемые содержания попутных компонентов III группы будут всегда выше минимального экономически допустимого предела, и отработка таких запасов обеспечит снижение затрат и, следовательно, кондиций на основной компонент.

Как следует из изложенного, понятие "попутный компонент" — экономическое, предполагающее в каждом конкретном случае оценки необходимость выделения из общих затрат по добыче и переработке сырья тех расходов, которые непосредственно связаны с извлечением данного попутного компонента или могут и должны быть отнесены на него по тем или иным критериям в зависимости от принадлежности компонента к той или иной группе и с учетом конкретных особенностей технологии

его получения [24]. Иными словами, попутными полезными ископаемыми в разведываемых и оцениваемых месторождениях следует считать такие компоненты минерального сырья или совместно залегающие полезные ископаемые, запасы которых оцениваются в соответствии с затратами на их извлечение из уже добытого сырья при условии отнесения расходов по добыче, а для ряда компонентов — по обогащению и переработке концентратов на основной компонент. В случае необходимости организации селективной добычи или переработки учитываются и соответствующие затраты.

Выполнение комплексной геолого-экономической оценки непосредственно связано с проблемами ценообразования на попутную продукцию и стимулирования рационального и комплексного использования сырья на предприятиях. Себестоимость производства и отпускные цены на попутную продукцию должны быть скорректированы так, чтобы обеспечивалась нормативная рентабельность основного и попутного производства при условии наиболее полной утилизации запасов. Необоснованное завышение себестоимости или занижение оптовых цен на попутную продукцию приводят к потере части запасов попутных полезных ископаемых и ухудшению экономических показателей отработки месторождения в целом. Оценка запасов попутных компонентов по заниженной себестоимости их получения или необоснованно завышенным ценам может исказить представление о реальной ценности месторождения, а при его отработке обусловить нарушение хозрасчетных отношений основного и попутных производств и ограничение потребности в продуктах переработки минерального сырья. Используемые при оценке стоимостные показатели должны не только способствовать наиболее полному подсчету и учету запасов, но и стимулировать максимальное их извлечение при добыче и переработке сырья.

Стоимостные показатели извлечения компонентов I группы и подавляющего большинства компонентов II группы, на которые установлены цены в действующих прейскурантах на руды, флюсы и концентраты цветной металлургии, могут быть непосредственно учтены при расчете минимального промышленного содержания основного условного компонента на стадии обоснования кондиций, что само по себе определяет необходимость извлечения указанных компонентов при добыче и переработке сырья.

Для рассеянных и некоторых редких элементов цены в концентратах в большинстве случаев не установлены, что не позволяет учесть их ценность при обосновании кондиций на уровне концентрата. Поэтому наиболее полно запасы основных и попутных компонентов могут быть оценены только по уровню металлов и стандартных товарных соединений с выявлением суммарного дохода от получения попутной продукции и исключением его из суммарных затрат при расчете минимального промышленного содержания. Следует, однако, иметь в виду, что даже учет возможного дохода от извлечения редких и рассеянных элементов при обосновании кондиций и оценке месторождения не является достаточным средством, стимулирующим комплексную переработку сырья, так как

получаемые при обогащении концентраты могут направляться для использования или переработки в другие отрасли. При этом ценность содержащихся в таких концентратах, но не оплачиваемых элементов не влияет на эффективность отработки месторождения независимо от того, извлекаются или теряются их запасы. Так, нефелиновый концентрат из апатит-нефелиновых руд, содержащий галлий, рубидий и цезий, поступает на переработку на предприятия цветной металлургии, и получаемая при этом прибыль (производятся также сода, поташ и цемент) не оказывает стимулирующего влияния на работу предприятий химической промышленности, занятых добычей и обогащением апатит-нефелиновых руд. Аналогичные примеры могут быть приведены для селена и теллура в пиритном концентрате, скандия и индия — в оловянных рудах, галлия — в цинковых концентратах и т. д. Поэтому для стимулирования наиболее полной оценки и использования сырья необходимы не только выявление и учет прибыли от получения попутных компонентов на стадии обоснования кондиций, но и разработка механизма реализации экономического эффекта попутного производства в системе хозрасчетных отношений.

Вопросы оценки многокомпонентного сырья для комплексного использования могут правильно решаться только при условии обоснованного выбора экономических принципов и критериев оценки запасов каждого из компонентов и их комплекса.

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Подсчету запасов и геолого-экономической оценке попутных полезных ископаемых присущ ряд особенностей, определяемых попутным характером их добычи из недр или извлечения из руд, а также второстепенным экономическим значением в оцениваемых комплексных месторождениях. Специальная блокировка запасов попутных полезных ископаемых практически никогда не производится, а их подсчет и оценка осуществляются в пределах контура добычи или в границах подсчета балансовых запасов основных компонентов. Исключение могут представлять редкие случаи оценки некоторых видов полезных ископаемых во вскрыше месторождений с выделением типов и сортов попутного полезного ископаемого, отвечающих определенным требованиям.

Таким образом, для попутных полезных ископаемых нет необходимости обоснования такого важнейшего показателя кондиций, как минимальное промышленное содержание. Запасы их могут оцениваться с использованием расчетных значений граничных параметров — минимального необходимого количества запасов или минимальных экономически допустимых содержаний попутных компонентов, которые устанавливают, исходя из условия равенства предстоящих затрат на их получение и извлекаемой ценности попутной продукции. При этом, если расчетное значение минимального промышленного содержания основного компо-

нента может применяться только к подсчетному блоку (так как запасы в целом по месторождению не могут подсчитываться на уровне нулевой рентабельности), то для попутных полезных ископаемых возможны подсчет и оценка запасов на уровне нулевой рентабельности в объемах, превышающих размеры подсчетных или эксплуатационных блоков (в целом по рудному телу, по сортам руд и т. д.).

Специального анализа заслуживают методы калькулирования затрат на получение попутных полезных ископаемых, поскольку многие их виды извлекаются только в условиях комплексных производств, и для выявления затрат требуется проведение специальных расчетов. В зависимости от принадлежности попутных полезных ископаемых к одной из трех групп различаются также способы учета их ценности при обосновании кондиций на основной компонент и некоторые особенности подсчета запасов.

Глава 7. КОНДИЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОМПЛЕКСНЫХ РУД

По результатам подсчета и геолого-экономической оценки запасы полезных ископаемых в месторождениях разделяются по их народнохозяйственному значению на балансовые, отработка которых экономически целесообразна при существующей или осваиваемой промышленностью технологии, и забалансовые, отработка которых технически невозможна или экономически нецелесообразна. Указанные единые принципы оценки общеприняты и обязательны при обосновании экономической целесообразности извлечения всех видов ценных компонентов в рудах цветных металлов. Критерием отнесения запасов к балансовым или забалансовым в подсчетных (геологических или эксплуатационных) блоках является минимальное промышленное содержание основного оцениваемого компонента. Если руды месторождения после добычи и рудоподготовки приобретают товарный вид, то минимальное промышленное содержание C (в %) рассчитывается в соответствии с действующими требованиями ГКЗ СССР [16] на основе сопоставления затрат по разведке, добыче и подготовке 1 т руды с ее оптовой ценой с учетом извлечения ценного компонента в товарную продукцию и разубоживания руды при добыче:

$$C = 100 Z / (ЦИР), \quad (1)$$

где Z — затраты на добычу 1 т руды, руб.; $Ц$ — оптовая цена 1 т товарной продукции, руб.; $И$ — коэффициент извлечения ценного компонента в товарную продукцию; $Р$ — коэффициент разубоживания (отношение содержания ценного компонента в добытой руде к его содержанию в руде в недрах).

В случае, если руда обогащается и первым товарным продуктом из нее является концентрат, то аналогичный расчет производится по формуле

$$C = Z_a / (ЦИР), \quad (2)$$

где $З$ — затраты на разведку, добычу и получение концентрата в расчете на 1 т руды, руб.; $а$ — содержание металла в концентрате, %; $Ц$ — цена 1 т концентрата с учетом его качества ($а$), руб.; $И$ — сквозное извлечение металла в концентрат; $Р$ — коэффициент разубоживания.

При расчете минимального промышленного содержания по уровню металла к затратам на получение концентрата должны быть добавлены издержки на его металлургический передел, а суммарные затраты (в расчете на 1 т руды) сопоставлены с ценой металла с учетом соответствующего коэффициента сквозного извлечения металла. При оценке по уровню металла наиболее полно учитываются затраты на получение товарной продукции и такая оценка является предпочтительной по сравнению с расчетами на руду или концентрат.

Таким образом, расчет кондиций по содержанию основного компонента в руде может производиться по уровню любого товарного продукта (товарной руды, концентрата или металла). Ценность попутной продукции в соответствии с методическими указаниями ГКЗ СССР [16] учитывается при определении минимального промышленного содержания путем либо исключения прибыли от ее получения из суммарных затрат в расчете на 1 т руды, либо введения доплат к цене основного компонента с учетом содержания попутного компонента, например золота в медном концентрате.

Однако валовый учет ценности попутных компонентов или списание суммарного дохода от их извлечения противоречат принципу дифференцированной оценки запасов попутных полезных ископаемых на экономической основе с разделением их на балансовые и забалансовые. Попутные полезные ископаемые любой группы — селен, теллур, кадмий, индий, барит, флюорит, сурьма, висмут и др. — подсчитываются и учитываются (как и запасы основного компонента) балансами запасов, и валовый учет их ценности ведет к искажению общепринятых принципов подсчета и учета запасов полезных ископаемых. При "валовом" расчете и учете дохода от извлечения попутных компонентов часть из них может иметь сверхнормативную рентабельность, а другие — быть убыточными. Доплаты к цене основного компонента за содержащийся в нем попутный компонент также не всегда правильно отражают его действительную ценность, так как извлечение компонента, за содержание которого установлена доплата, может различаться по уровню рентабельности или быть убыточным в условиях конкретных производств.

В связи с тем что запасы попутных полезных ископаемых в подавляющем большинстве случаев подсчитываются и учитываются в пределах контура балансовых запасов основных компонентов, для их дифференцированной оценки достаточно использовать расчетные значения минимальных экономически допустимых граничных требований по количеству или качеству, определяющих экономическую целесообразность попутного извлечения и промышленного использования этих запасов. При этом по каждому из попутных полезных ископаемых может быть рассчитан и учтен при обосновании кондиций экономический эффект от их извлечения.

Для попутных полезных ископаемых, залегающих во вскрыше месторождений (см. главы 3 и 4), определяется минимально необходимое количество запасов, промышленное использование которых может компенсировать затраты на их извлечение. Такие расчеты могут проводиться как для нерудных полезных ископаемых во вскрыше месторождений, так и для рудных тел того же вида, что и основной компонент, но размещающихся за пределами основного подсчетного контура. Для этого все затраты на разведку, опробование, проходку подземных подготовительных выработок и селективную выемку сопоставляются с ценностью получаемой из 1 т руды товарной продукции. В случае, если отдельно расположенное рудное тело или залежи некондиционных руд попадают в контур открытой добычи, большая часть расходов по добыче (за исключением затрат на рудоразборку или селективную выемку) может быть отнесена на основной компонент.

В общем случае минимально необходимое количество запасов в отдельном рудном теле Q (в т) рассчитывается

$$Q = 3(1 + q) / (\text{ЦИР}), \quad (3)$$

где 3 — суммарные затраты на селективную добычу и переработку руды, руб.; q — потери полезного ископаемого в недрах, доли ед.; Ц — цена 1 т товарной продукции, руб.; И — извлечение (выход) товарной продукции при переработке 1 т руды, доли ед.; Р — коэффициент разубоживания при добыче.

При оценке значительных запасов ценных попутных полезных ископаемых во вскрыше, отработка которых при заявленной потребности в них может значительно повлиять на эффективность освоения месторождения, следует применять критерий максимума суммарной прибыли от извлечения основного и попутного компонентов за весь срок освоения запасов при нормативной рентабельности производства в целом (см. предыдущий раздел).

Для забалансовых руд разведываемых месторождений, которые неизбежно будут извлекаться, некоторые исследователи [30] рекомендуют рассчитывать второе минимальное промышленное содержание, исходя из нулевой себестоимости их разведки и добычи. По экономической сущности указанное содержание является не минимальным промышленным, а экономически допустимым граничным (близким к бортовому). При значительном объеме забалансовых запасов допустимый уровень такого содержания должен определяться с учетом достижения максимального суммарного экономического эффекта от извлечения запасов, находящихся как в пределах основного подсчетного контура, так и в прирезаемой части забалансовых запасов при соблюдении нормативной рентабельности освоения месторождения в целом.

Для компонентов II группы, извлекаемых в самостоятельные промышленные концентраты, устанавливаются минимальные содержания в рядовых пробах, подлежащие переводу в условный основной компонент. Они выбираются с учетом передовой технологии и учитываются при оконтуривании рудных тел по выработкам. Значение таких содержаний

определяется по уровню наименьших технологически неизбежных потерь компонентов в хвостах обогащения по данным конкретных технологических испытаний. Следует иметь в виду, что стандартные по содержанию металла товарные концентраты могут получаться только при некотором уровне средних содержаний, обеспечивающем достаточно высокое извлечение металла. Поэтому проведение технологических испытаний с извлечением попутных компонентов II группы в товарные концентраты необходимо во всех случаях.

Компоненты II группы, накапливающиеся в концентратах основных металлов и извлекаемые при их металлургическом переделе (сурьма, ртуть, висмут, сера сульфидная и др.), близки к таким компонентам III группы, как рассеянные элементы. Целесообразность извлечения этих элементов оценивается на основе сопоставления прямых и косвенных расходов на их получение с ценностью производимой продукции. При этом, как и для других попутных компонентов, расходы на добычу, транспортировку и обогащение руды относятся на основной компонент.

Экономическая целесообразность извлечения рассеянных элементов при обосновании кондиций для комплексных руд до начала 70-х годов не определялась. Считалось, что расчеты затрат на извлечение рассеянных элементов из комплексного сырья и геолого-экономическая оценка их запасов вообще лишены смысла, так как эти элементы все равно будут переходить "попутно" в полупродукты и отходы основного производства, а необходимость дальнейшей переработки этих полупродуктов и отходов зависит исключительно от необходимости удовлетворения потребности в том или ином элементе, т. е. от соотношения его потребления и производства в данное время. Все затраты на извлечение рассеянных элементов рекомендовалось относить на основное производство. При этом расчет минимальных экономически допустимых содержаний рассеянных элементов согласно указанной точке зрения терял смысл — достаточно выявить минимальное промышленное содержание основного компонента, исходя из общих затрат и стоимости всех извлекаемых компонентов в оптовых ценах.

Запасы рассеянных элементов в пределах контуров балансовых запасов основных ценных компонентов руд целиком относились к балансовым, поскольку считалось, что эти элементы будут накапливаться в продуктах передела и отходах производства. Однако анализ технологических особенностей редкометалльных производств и характера распределения рассеянных элементов по продуктам передела руд и концентратов показывает, что такого безграничного "накопления" не происходит: редкометалльные полупродукты характеризуются определенным выходом в расчете на 1 т основного металла при повышенном, но сравнительно устойчивом уровне средних содержаний рассеянных элементов. Во многих случаях отмечается даже тенденция уменьшения выхода редкометалльных полупродуктов в связи с установкой более совершенных систем пылеулавливания и направлением пылей в оборот, повышением качества черного и рафинированного металла (например, черновой меди и анодов, поступающих на электролитическое рафинирование) и т. д.

Уровень содержания рассеянных элементов в редкометальных полупродуктах определяется не их "накоплением", а почти исключительно величиной их среднего содержания в перерабатываемом концентрате (смеси концентратов) и совершенством применяемой технологии получения основного и попутного компонентов: далеко не во всех случаях концентрация рассеянных элементов в полупродуктах увеличивается до такой степени, что извлечение их становится рентабельным. По этой причине не все запасы рассеянных элементов, находящиеся в контурах балансовых запасов основных компонентов, могут быть отнесены к балансовым без оценки уровня технологических параметров извлечения этих элементов и обоснования экономической целесообразности их промышленного производства.

Некоторые исследователи уже давно выдвигали отдельные предложения по обоснованию экономической целесообразности извлечения рассеянных элементов из концентратов и продуктов их переработки и разделения их запасов на этой основе на балансовые и забалансовые. Еще в 1964 г. Г.Г. Ключанский писал, что поскольку потребность в рассеянных элементах, сырьевые источники, технология и экономика их получения из разных видов сырья различны, то для каждого из элементов следует проводить индивидуальное обоснование экономически допустимого содержания в каждом из перерабатываемых концентратов или в богатых рудах, направляемых в плавку без обогащения. Согласно Г.Г. Ключанскому, запасы рассеянных элементов должны разделяться на балансовые и забалансовые путем сравнения фактического среднего содержания элементов в концентратах, получаемых из руд оцениваемого месторождения, с экономически допустимым содержанием этих же элементов в "условной шихте" (смеси концентратов), перерабатываемой на заводе. Однако задача технико-экономического обоснования предельного экономически допустимого содержания рассеянных элементов в полупродуктах и отходах, используемых в редкометальном производстве, Г.Г. Ключанским вообще не рассматривалась, так как считалось, что она должна решаться самими металлургическими предприятиями.

Таким образом, схема оценки запасов рассеянных элементов Г.Г. Ключанского лишена экономической основы. Кроме того, следует отметить, что с экономической точки зрения совершенно недопустимо исходить при оценке запасов рассеянных элементов из какой-либо усредненной величины затрат на их извлечение, например селена из шламов, поскольку один и тот же элемент получается из шламов в условиях разнородных производств (селен производится из шламов медного, цинкового и сернокислотного производств). Расчеты состава "условной шихты" и содержания в ней рассеянных элементов были бы очень сложны, а вследствие неодинаковой точности определения уровня средних содержаний рассеянных элементов в разных концентратах — и ненадежны.

В 1964 г. В.Н. Лексиним и А.Г. Токаревой были впервые рассчитаны минимальные промышленные содержания (терминология авторов — А.С.) рассеянных элементов для некоторых рудных минералов полиметаллических руд, перерабатываемых на отдельных заводах цветной металлургии.

Расчеты В.Н. Лексина и А.Г. Токаревой впервые были выполнены на экономической основе. Однако они касались сравнительно ограниченного круга элементов в составе концентратов, направляемых в переработку на некоторых предприятиях цветной металлургии и не относились к оценке запасов в самих рудных месторождениях.

Вопросы экономического обоснования минимальных промышленных содержаний рассеянных элементов в рудах месторождений цветных металлов были детально рассмотрены В.Н. Виноградовым [4]. Автор считал, что минимальные промышленные (терминология В.Н. Виноградова — А.С.) содержания рассеянных элементов в концентратах основных металлов должны рассчитываться с учетом затрат на извлечение этих элементов отдельно из каждого концентрата, а их минимальные промышленные содержания в руде выбираться по наименьшему расчетному значению. Если один и тот же рассеянный элемент присутствует в минимальных промышленных концентрациях одновременно в медном, цинковом и пиритном концентратах из оцениваемых руд (например, 200, 50 и 15 г/т соответственно), то в руде запасы этого элемента должны подсчитываться по уровню наименьшего промышленного содержания, т. е. 15 г/т. Это содержание и принимается В.Н. Виноградовым в качестве минимального промышленного содержания рассеянного элемента в руде.

Не требуется проводить специальных экономических обоснований, чтобы показать, что установление какого-либо "усредненного" минимального промышленного содержания рассеянного элемента в руде неприемлемо, так как руда всегда разделяется на отдельные концентраты (за исключением руд для плавки без обогащения) и такое усредненное минимальное промышленное содержание не может быть реализовано ни в одном из концентратов. Если подсчитать запасы элемента в руде по уровню наименьшего экономически допустимого содержания (в данном случае 15 г/т), то извлечение рассеянного элемента из медного и цинкового концентратов будет заведомо убыточным (потому что только для обеспечения нулевой рентабельности требуется среднее содержание 200 и 50 г/т соответственно), а запасы элементов в них следует отнести к забалансовым.

В.Н. Виноградовым [4] рекомендуются для использования при подсчете минимальные промышленные содержания в некоторых "усредненных" концентратах и рудах без учета промышленных типов руд и экономики их переработки в отдельных регионах. Между тем, например, медный концентрат может быть получен из медноколчеданных, медно-порфировых, колчеданно-полиметаллических, полиметаллических руд и медистых песчаников, причем экономика извлечения одних и тех же рассеянных элементов из разных концентратов может быть совершенно различной.

Следовательно, хотя сам принцип выявления издержек производства раздельно по концентратам и видам получаемых металлов был выбран В.Н. Виноградовым правильно, нельзя согласиться с рекомендуемыми им усредненными значениями минимальных промышленных содержаний рассеянных элементов во всех одноименных концентратах и рудах.

Условия применения минимальных промышленных содержаний при

подсчете запасов В.Н. Виноградовым, как и другими авторами, не рассматривались.

Таким образом, в настоящее время отсутствуют достаточно обоснованные экономически и приемлемые для целей подсчета запасов предложения по оценке промышленной значимости рассеянных элементов в комплексных рудах. Разработка таких предложений долгое время затруднялась отсутствием четкой классификации попутных компонентов и общепринятой методики калькулирования издержек на их извлечение в условиях комплексного производства. Поэтому в одних работах предложения по оценке запасов рассеянных элементов не имели под собой реальной экономической основы, а в других — носили слишком общий характер.

Решающую роль для экономического обоснования подсчета запасов рассеянных элементов сыграли разработка принципов их дифференцированной оценки в основных промышленных концентратах в соответствии с технико-экономическими показателями извлечения в условиях комплексных редкометалльных производств, а также обоснование необходимости подсчета и учета не только валовых, но и реально извлекаемых запасов этих элементов, связанных в руде с основными рудообразующими минералами.

Трудность экономического обоснования минимальных экономически допустимых содержаний рассеянных элементов связана прежде всего с тем, что затраты на их извлечение формируются только на металлургических и химико-металлургических предприятиях, а оценивать реально извлекаемые запасы необходимо уже на ранних стадиях разведки месторождений. Так как калькулирование затрат на получение рассеянных элементов в геологических организациях принципиально невозможно, а в условиях металлургического производства оно выполняется только в отдельных случаях, то геологи не располагают необходимыми данными для разделения запасов рассеянных элементов на балансовые и забалансовые на строгой экономической основе. Для этого необходимо проведение специальных исследований по калькулированию затрат либо использование для оценки усредненных (за определенный период и при установившейся технологии) значений себестоимости получения рассеянных элементов, выявленной в результате специальных расчетов.

Расчеты затрудняются также тем, что в большинстве случаев перерабатываемые концентраты, а тем более редкометалльные полупродукты смешиваются и значительно усредняются. Часть элементов может передаваться из одной отрасли в другую в скрытой ("латентной") форме (селен в составе элементной серы, получаемой при переработке богатых медных руд и направляемой для дальнейшей переработки предприятиям Минхимпрома СССР; галлий и рубидий в составе нефелиновых концентратов, производимых на обогатительных фабриках Минудобрений СССР и перерабатываемых затем на предприятиях Минцветмета СССР и т. д.). Поэтому для оценки запасов рассеянных элементов в подобных случаях необходимо учитывать экономику их получения на предприятиях смежных отраслей.

Для определения минимального промышленного содержания какого-либо металла в руде или концентрате затраты на его извлечение из 1 т сырья сопоставляются с извлекаемой ценностью руды или концентрата — формулы (1) и (2). Формула (1) может быть использована в случае простого баланса производства и для расчета минимальных экономически допустимых содержаний рассеянных элементов в концентратах. При этом коэффициентом разубоживания можно пренебречь, так как он учитывается при обосновании минимального промышленного содержания основного компонента. При вычислении минимального экономически допустимого содержания в граммах на тонну в числитель вместо 100 % при расчете на руду вводится множитель 1000, поскольку оптовые цены на рассеянные элементы установлены в рублях на килограмм. В итоге формула (1) примет вид

$$C = 1000 \cdot Z / (ЦИ), \quad (4)$$

где C — минимальное экономически допустимое содержание рассеянного элемента в промышленном концентрате основного металла, г/т; Z — затраты на извлечение рассеянного элемента из 1 т концентрата, руб.; $Ц$ — оптовая цена 1 кг рассеянного элемента, руб.; $И$ — коэффициент извлечения рассеянного элемента из концентрата в товарную продукцию.

Приведенная формула (4), рекомендуемая и В.Н. Виноградовым [4], может быть использована и для расчетов минимально допустимых содержаний рассеянных элементов во всех без исключения редкометалльных полупродуктах и отходах производства (шламы, пыли, кеки, конденсат электрофильтров и т. д.), где легко сопоставляются суммарные затраты на извлечение рассеянных элементов, количество переработанных полупродуктов и стоимость товарной продукции в оптовых ценах. Рассчитанное по формуле (4) минимально допустимое содержание рассеянного элемента в концентрате (в случае простого баланса производства с переработкой одного-двух концентратов) может применяться для разделения запасов этого элемента в соответствующих мономинеральных фракциях руд, подвергаемых обогащению.

Однако в условиях сложного комплексного производства комбинатов и заводов цветной металлургии более типичным является случай, когда в переработку одновременно поступают не только одноименные концентраты, но и руды разных месторождений. Например, черновая медь может производиться как из медных концентратов, так и из богатых медных руд нескольких месторождений, которые различаются между собой по содержанию не только основных, но и попутных компонентов. В этом случае достаточно точно можно установить лишь общие затраты на извлечение рассеянных элементов, количество полученных при их переработке полупродуктов, а также соответствующие коэффициенты извлечения в полупродукты и конечную товарную продукцию. Составление же баланса распределения рассеянных элементов в сырье — рудах и концентратах, из которых выплавлялась черновая медь, крайне затруднено, а иногда и просто невозможно. Поэтому минимально допустимое содержание, рассчитанное для такой сложной по составу шихты, было бы

непригодным для целей подсчета запасов, так как не было дифференцированным в зависимости от состава руд и концентратов. Общие затраты в этом случае можно было бы распределить между переработанной рудой и концентратами пропорционально среднему расходу сырья на 1 кг содержащихся в нем рассеянных элементов. Однако очевидно, что такое распределение затрат между компонентами шихты будет достаточно условным в силу, например, разной изученности руд и концентратов. Кроме того, вычисленное содержание для руд и концентратов будет усредненным, не дифференцированным по каждому виду сырья в зависимости от содержания не только попутного, но и основного компонента.

Для того чтобы учесть состав компонентов шихты и устранить указанные неточности расчетов, следует по общим затратам на извлечение рассеянных элементов и количеству переработанных полупродуктов определить экономически допустимое содержание в них рассеянных элементов с использованием формулы (4). Эти усредненные значения для полупродуктов устанавливаются с высокой точностью. Затем, рассчитав выход полупродукта (шлама, пыли, кека) на 1 т основного металла (меди, цинка или другого основного компонента — B_n (в кг) и зная содержание его в каждом из переработанных концентратов или богатых рудах C_o , а также извлечение основного металла из исходных видов сырья в товарную продукцию I_o (например, меди — в электролитическую медь, цинка — в чушковый цинк и т. д.) можно по затратам на 1 т полупродукта $З_n$ (в руб.) рассчитать затраты на извлечение рассеянного элемента из 1 т каждого из исходных видов сырья $З_o$ (в руб.) по формуле: $З_o = C_o I_o B_n З_n$.

Подставив в формулу (4), используемую для расчета минимально допустимых содержаний рассеянных элементов в концентратах, определенные таким способом затраты по каждому виду сырья, получим: $C = 1000 C_o I_o B_n З_n / (ЦИ)$.

Если в последней формуле записать сквозное извлечение I рассеянного элемента в виде произведения его извлечения из концентрата в полупродукт I_n на извлечение из полупродукта в товарную продукцию I_T , то данная формула примет вид: $C = 1000 C_o I_o B_n З_n / (Ц_n I_n I_T)$.

В последней формуле выражение $1000 З_n / (Ц_n I_n I_T)$ является не чем иным, как минимальным экономически допустимым содержанием рассеянного элемента в полупродукте C_n , которое для любого полупродукта может быть рассчитано с высокой точностью. Тогда данная формула может быть записана следующим образом:

$$C = C_o I_o B_n C_n / I_n \quad (5)$$

где C — минимальное экономически допустимое содержание рассеянного элемента в каждом из концентратов, переработанных в составе шихты, г/т.

Коэффициенты C_o , I_o , B_n , I_n могут подставляться в формулу (5) в долях единицы или процентах с тем, чтобы частное от деления $C_o I_o \times B_n / I_n$ было величиной безразмерной.

Проведенные многочисленные расчеты показали, что использование

Минимальные экономически допустимые содержания рассеянных элементов, г/т

Регион	Промышлен- ный тип мес- торождений	Товарный концентрат	Селен	Теллур	Рений	Герма-Кадмий ний	Индий	Таллий	Галлий	Рубидий
Северо-За- пад СССР	Апатит-не- фелиновый	Нефелиновый				Не извлекаются				83,9
	Бокситы	Нет				Не извлекаются				Не извлека- ется
	Урал	Цинково-мед- но-колчедан- ный	Медный	74,5	66,6	Не изв- лекает- ся	2,88	660,0	Не извлекаются	
Пиритный			80,5	Не извлекаются						
Меднокол- чеданный		Цинковый	52,3	Не извлекаются			1266,3	27,0	Не извлекаются	
		Медный и бо- гатые мед- ные руды	6,7	68,4	Не изв- лекает- ся	7,31	510,0	Не извлекаются		
	Бокситы	Нет	Не извлекаются							36,2
Казахстан	Медно-пор- фировый	Молибде- новый	Не извлекаются		242,9	Не извлекаются				
		Медный	73,7	25,2	4,4	Не извлекаются				
	Медистые песчаники	Медный	Нет данных		9,0					

Регион	Промышлен- ный тип мес- торождений	Товарный концентрат	Селен	Теллур	Рений	Герма- ний	Кадмий	Индий	Таплий	Галлий	Рубидий	
Казахстан	Колчеданный и скарново- метасомати- ческий	Цинковый	104,1	43,1	Не извлекаются		1395,7	19,9	6,7	Не извлекаются		
		Свинцовый	677,8	254,7			493,0	5,5	130,5			
	Стратиформ- ный	Свинцовый	Не изв- лекает- ся	174,1	19,1	Не изв- лекает- ся	313,4	80,7	204,6	Не извлекаются		
	Бокситы	Нет	Не извлекаются								32,4	Не извле- кается
Рудный Ал- тай	Колчеданно- полиметалли- ческий	Цинковый	129,6	Не извлекаются			1549,4	Не извлекаются				
		Свинцовый	Не изв- лекает- ся	192,5	Не извлека- ются		420,2					
Западная Сибирь	Ийолит-уртиты	Нет	Не извлекаются							9,6	Не извлека- ется	
Дальний Восток	Полиметал- лический	Цинковый	Не извлекаются				1434,2	32,5	Не извлекаются			
	Скарновый и метасомати- ческий	Цинковый					1054,7	30,2				

Средняя Азия	Медно-порфировый	Молибденный	Не извлекаются		321,0	Не извлекаются				
		Медный	80,1	27,4	Не извлекаются					
	Скарново-метасоматический	Цинковый	Не извлекаются				2908,0	44,6	Не извлекаются	
		Свинцовый	Не извлекается	174,1	19,1	Не извлекается	313,4	80,7	204,6	Не извлекаются
Кавказ	Медно-порфировый	Молибденный	Не извлекаются		242,3	Не извлекаются				
		Медный	45,9	41,0	Не извлекаются					

формулы (5) дает те же результаты, что и расчеты по формуле (4) в случае простого и точного баланса основного и попутного производств. При сложном составе шихты формула (5) позволяет дифференцированно оценивать запасы рассеянных элементов в каждом из перерабатываемых концентратов или в богатых рудах для плавки без обогащения. Такие расчеты выполнены (табл. 7) для рассеянных элементов в основных промышленных концентратах из медноколчеданных, колчеданно-полиметаллических, свинцово-цинковых, медно-порфириновых, апатит-нефелиновых руд, а также в месторождениях бокситов СССР [12]. При этом использовались технико-экономические показатели переработки различных полупродуктов (себестоимость переработки 1 т, показатели извлечения элементов, выход полупродуктов). Так, на меднеэлектролитных заводах определялось минимально допустимое содержание селена и теллура в шламах электролиза меди, выход шламов в расчете на 1 т меди и сквозное извлечение рассеянных элементов в товарную продукцию. В условиях медеплавильного производства при получении штейна попутно извлекаются германий и кадмий в тонкие пыли, и для расчетов выявлялось минимально допустимое содержание указанных элементов в пылях, извлечение их из руды в пыль, выход последней в расчете на 1 т меди в штейне.

По аналогичной схеме (за исключением случаев производств с простым материальным балансом) произведены расчеты и для других видов сырья.

В случае, если на предприятии цветной металлургии калькулируются не затраты на извлечение рассеянных элементов из 1 т полупродукта, а себестоимость 1 кг попутного металла, минимальные экономически допустимые содержания рассеянных элементов в концентратах могут рассчитываться по себестоимости 1 кг рассеянного элемента и его выходу в расчете на 1 т основного металла с использованием формулы

$$C = 1000 C_{\text{рз}} V_{\text{рз}} C_{\text{рз}} / (\text{ЦИ}), \quad (6)$$

где $V_{\text{рз}}$ — выход рассеянного элемента в расчете на 1 т основного металла, кг; $C_{\text{рз}}$ — себестоимость 1 кг рассеянного элемента, руб.

Анализ технологических особенностей редкометалльных производств показывает, что при подсчете и оценке запасов рассеянных элементов и разделении их на балансовые и забалансовые помимо минимальных экономически допустимых должны учитываться минимальные технологически допустимые содержания [12]. Они определяются по уровню технологически неизбежных потерь рассеянных элементов в неиспользуемых отходах производства (при условии применения передовой технологии) и представляют собой нижний, технологически допустимый предел концентраций таких элементов в перерабатываемых рудах и концентратах. Запасы рассеянных элементов, содержание которых в рудах и концентратах меньше технологически допустимого уровня, не должны подсчитываться и учитываться.

Подсчет запасов рассеянных элементов с учетом предельных эконо-

мически и технологически допустимых параметров позволяет выделить из валовых запасов реально извлекаемые и рассчитать возможный экономический эффект их извлечения из разных видов исходного сырья.

Глава 8. КАЛЬКУЛИРОВАНИЕ ЗАТРАТ НА ПОЛУЧЕНИЕ ПОПУТНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Выбор рационального метода калькулирования затрат, наиболее полно отвечающего особенностям комплексного производства, имеет чрезвычайно важное значение для проведения дифференцированной оценки запасов попутных полезных ископаемых. Т.А. Гатовым, В.Н. Лексиним, А.Г. Токаревой и другими экономистами давно было показано, что применение любого метода калькулирования должно быть подчинено единственной цели — максимально полному и точному учету издержек производства по каждому виду продукции и выявлению на этой основе действительной их себестоимости. Постановка любых иных целей при выборе метода калькулирования (снижение себестоимости одного из продуктов, расширение числа извлекаемых компонентов, стимулирование производства тех или иных элементов и др.) может привести только к искажению себестоимости как попутной, так и основной продукции в условиях комплексного производства.

Согласно действующей "Инструкции по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции на предприятиях цветной металлургии" при переработке комплексного сырья предусматривается использование трех методов калькулирования: 1) исключения затрат; 2) распределения затрат; 3) комбинированного.

По методу исключения затрат стоимость попутных продуктов исключается из общей суммы затрат на производство основной и попутной продукции и полученная сумма считается себестоимостью основного продукта. Этот метод действующей инструкции рекомендуется применять при определении себестоимости как концентратов на стадии обогащения, так и отдельных продуктов на стадии металлургического передела (при производстве алюминия, цинка, меди, свинца и др.). При попутном получении рассеянных элементов их стоимость, согласно упомянутой инструкции, также должна обращаться на уменьшение затрат на основную продукцию. При этом попутная продукция оценивается либо по плановой ее себестоимости в условиях обособленного производства, либо (при отсутствии обособленного производства) по производственной себестоимости, учтенной в оптовой цене. Для выявления "производственной себестоимости" рекомендуется вычитать из установленных оптовых цен на рассеянные элементы внепроизводственные расходы и прибыль, исходя из среднего их процента, предусмотренного в финансовом плане отчетного года.

Таким образом, стоимость попутной продукции рекомендуется списывать либо непосредственно по оптовым ценам, либо с использованием оптовых цен как основы для исчисления "производственной" себестоимости. При этом из общей суммы затрат может вычитаться стоимость сразу нескольких разнородных попутных продуктов.

Очевидно, что выявление так называемой "производственной себестоимости" по рекомендуемому методу не имеет ничего общего с калькулированием действительных издержек производства, а списание стоимости сразу нескольких разнородных продуктов по оптовым ценам с себестоимости производства неизбежно влечет искажение показателей затрат на производство основной и попутной продукции. На практике использование рекомендаций указанного рода приводит к тому, что стоимость попутной продукции списывается не по фактической производственной себестоимости, а по оптовой цене за исключением среднего процента прибыли и внепроизводственных расходов, хотя фактическая производственная себестоимость может при этом превосходить оптовую цену в 4–6 раз (например, при извлечении селена из некоторых пиритных концентратов, германия — из пылей и др.).

По методу распределения затрат общие издержки рекомендуется относить на отдельные элементы в соответствии с переводными коэффициентами, которые устанавливаются для каждого из них пропорционально средней себестоимости получения из однородного сырья, а при отсутствии показателей средней себестоимости — пропорционально оптовым ценам на товарную продукцию. Следует отметить, что многие виды попутной продукции извлекаются в условиях уникальных производств, и среднеотраслевые издержки их получения из однородного сырья отсутствуют. Поэтому реальной основой метода распределения затрат могут служить только оптовые цены. При этом методе выявление действительной себестоимости продукции подменяется распределением затрат пропорционально ценам, хотя себестоимость должна быть основой цены, а не наоборот.

Примерами применения метода распределения является калькулирование затрат на получение продукции в условиях медно-серного и медьэлектролитного производства. В медно-серном производстве затраты на сырье — медь и серу в руде — относятся соответственно на себестоимость черновой меди и серы в газах, а затраты на брикетирование сырья и его металлургический передел распределяются между элементами поровну. При переработке шламов в специализированных цехах медьэлектролитных производств оплаченная по прейскуранту стоимость содержащихся в них драгоценных металлов относится на себестоимость получаемого золото-серебряного сплава, а остальные расходы распределяются между драгоценными металлами, селеном и теллуром пропорционально оптовым ценам на эти продукты.

Комбинированный метод определения издержек производства предусматривает исключение (или "отключение") из общих расходов части затрат на отдельные виды продукции и распределение оставшейся их части между остальными видами продукции с применением переводных коэффициентов. При использовании оптовых цен как основы для "отключения" и распределения затрат комбинированный метод будет сочетать все недостатки первых двух упоминавшихся методов.

Таким образом, ни один из рекомендуемых действующей инструкцией методов калькулирования затрат не отвечает требованиям, предъявляе-

мым к этим методам в условиях комплексного производства, так как не позволяет выявить действительные издержки попутного производства, которые могли бы быть применены при оценке запасов. Следует, однако, отметить, что использование любых методов калькулирования себестоимости продукции для внутризаводских целей (для взаимных расчетов между отдельными цехами, отделениями и т. д.) может не сказываться на конечных результатах работы предприятий, поскольку их деятельность оценивается на основе сопоставления общих затрат с суммарной стоимостью товарной продукции. Если стоимость попутной товарной продукции не превышает 3—5 % от стоимости всей товарной продукции предприятия, то "отключение" или списание части затрат, в том числе и по оптовым ценам, может быть вполне оправдано с организационной и хозяйственной точек зрения.

Использование указанных методов калькулирования затрат было оправданным для внутризаводских целей при незначительных объемах попутного производства. Однако в современных условиях, при резком увеличении объемов попутного производства, когда стоимость попутной товарной продукции достигает в отдельных подотраслях 40 %, а стоимостные показатели редкометалльного производства используются для целей ценообразования и геолого-экономической оценки минерально-сырьевых ресурсов, методы калькулирования должны обеспечивать наиболее полное и точное определение себестоимости каждого отдельного вида продукции. Применение более совершенных методов калькулирования способствовало бы и более эффективному развитию производства на основе учета экономического эффекта не "по валу", а по каждому перерабатываемому виду сырья и извлекаемому ценному компоненту.

Необходимость коренного изменения методики калькулирования затрат отмечалась давно. Применительно к медноколчеданным рудам Урала А.С. Выхина и Н.М. Кокосов еще в 1957 г. указывали на необходимость дифференцированного расчета затрат по видам перерабатываемого сырья и основным промышленным концентратам с учетом объемов их переработки, определяющих общую сумму затрат комплексного производства. Рассмотренный ими метод распределения затрат с учетом массы компонентов или выхода концентратов получил впоследствии название "весового".

Почти одновременно с "весовым" методом был предложен метод распределения затрат пропорционально отпускной стоимости (ценам) в сырье. Этот метод калькулирования создает, на первый взгляд, максимальную заинтересованность в извлечении всех компонентов, содержащихся и оцениваемых в сырье, так как недоизвлечение какого-либо из компонентов скажется отрицательно на его себестоимости. Однако если компонент вовсе не извлекается, то выделять затраты на него бессмысленно, потому что они будут все равно отнесены на основной компонент. Кроме того, себестоимость одинаковых элементов в разных продуктах (например, меди в медном и цинковом концентратах) может быть близкой при отличающейся трудоемкости извлечения.

В работах ряда исследователей в 1960—1970 гг. (А.Х. Бенуни,

С.А. Первушина, С.Я. Рачковского, С.Р. Кондина, И.М. Грацерштейна, Г.Д. Кузнецова, В.Н. Лексина и др.) критическому анализу были подвергнуты практически все известные к тому времени методы калькулирования затрат: метод списания стоимости конечной попутной продукции при "котловом" учете общих издержек производства; метод "отключения" (исключения) затрат; группа распределительных методов ("весовой", с использованием оптовых цен и себестоимостей методов в индивидуальном производстве); метод прямого счета; комбинированные методы.

В результате выяснилось, что единого метода калькулирования, основанного на каком-либо единственном критерии распределения затрат и пригодного для любых видов комплексного производства быть не может.

Было убедительно доказано, что преобладавший долгое время метод "котлового" учета затрат и списания с себестоимости основного продукта по оптовым ценам сразу нескольких видов разнородной попутной продукции, не сравнимой по количеству, качеству, потребительной стоимости и экономическим условиям производства, неприемлем во всех случаях. При таком способе определения издержек производства искажаются как показатели себестоимости попутных компонентов (себестоимость отождествляется со стоимостью), так и себестоимость основных металлов, которая может достигнуть нулевой или отрицательной величины. Кроме того, при этом методе учета затрат стимулируется производство не основного продукта, а дорогостоящей попутной продукции, искусственно снижается круг компонентов — объектов калькулирования (наполовину и более) и создается видимость всегда рентабельного или, как минимум, бесприбыльно-безубыточного получения попутной продукции.

По методу отключения Г.Д. Кузнецова при небольшой доле попутных продуктов в общей сумме затрат, обоснованных оценках продуктов и отходов и незначительной разнице между общей суммой затрат и стоимостью попутной товарной продукции в оптовых ценах возможно и экономически оправдано "отключение" части расходов, связанных с производством попутной продукции. При этом товарные лобочные продукты должны оцениваться по оптовым ценам за вычетом прибыли и внепроизводственных расходов, а продукты — полуфабрикаты — с учетом дополнительного уменьшения указанной оценки на сумму затрат, необходимых для их приведения в товарный вид.

Таким образом, отключение затрат должно осуществляться в размерах, пропорциональных стоимости отходов производства либо себестоимости продукции из этих отходов, но не по оптовым ценам конечной товарной продукции (как при методе списания). Однако на практике методы списания и отключения затрат отождествляются, что приводит к подмене себестоимости попутной продукции ее стоимостью. Эти методы приемлемы в отдельных случаях с хозяйственной точки зрения, но не могут использоваться для дифференцированной геолого-экономической оценки целесообразности извлечения попутных компонентов из комплексных видов сырья.

Распределительные методы являются наиболее простыми для исполь-

зования, однако отличаются низкой точностью. Их недостатки неоднократно отмечались в литературе [4,9] и др. Наиболее характерный из них — поиск критерия распределения не внутри производственного процесса, а вне его.

Распределение затрат пропорционально массе получаемой продукции применимо в некоторых случаях на стадии обогащения, когда получаемые в комплексном производстве продукты сравнимы по количеству, стоимости и потребительной ценности. Однако механическое применение такого метода может привести, например, к одинаковым оценкам себестоимости дорогостоящих благородных или редких металлов и основных компонентов руд.

Методы распределения затрат с использованием цен на отдельные компоненты в сырье или в готовой продукции непригодны уже потому, что цена не может быть основой себестоимости и по ряду других соображений. К ним в первую очередь относится то, что только основные компоненты сырья характеризуются относительной стабильностью затрат и сравнительным соответствием последних оптовым ценам. В частности, если затраты на производство меди на различных предприятиях различаются всего на 10–30 %, то затраты на получение серы меняются в 1,5–2 раза, а редких металлов и рассеянных элементов — в 2–7 раз. Это во многом объясняется тем, что попутная продукция может извлекаться как из однородного сырья (например, флотационного пиритного концентрата), так и из значительно усредненных и обогащенных полупродуктов, получаемых из разных видов сырья. Оптовые цены на ряд попутных компонентов весьма условно соотносятся с основными параметрами, определяющими уровень затрат на их производство. Так, содержание рения в медных рудах сравнимо с содержанием золота, но затраты на его извлечение при комплексной переработке сырья значительно выше чем на золото, а цены в несколько раз ниже. Поэтому распределение общих расходов по ценностным критериям может привести к расчетным величинам затрат на отдельные виды продукции, совершенно не связанным с их фактическим уровнем. Цены на рассеянные элементы в рудах и концентратах в большинстве случаев отсутствуют, а в товарной продукции часто не отражают действительного уровня затрат и поэтому определить действительную себестоимость этих элементов таким способом невозможно.

Распределение затрат пропорционально себестоимости отдельных металлов в индивидуальном производстве также непригодно для целей калькулирования, поскольку многие виды попутных производств, особенно редкометалльных, являются уникальными, а их экономические условия несравнимы как по объему затрат, так и по их структуре.

Большей надежностью отличается метод распределения затрат пропорционально соотношению мировых цен (Л.И. Майзенберг и др.). При этом во внимание должны приниматься не только цены на попутные компоненты, но и их соотношение с ценами основных компонентов, совместно с которыми они производятся (например, для индия — соотношение свинец — индий или цинк — кадмий — индий). Этот метод не

получил широкого распространения в практике калькулирования затрат на предприятиях цветной металлургии.

С.А. Первушин, С.Я. Рачковский, Г.Д. Кузнецов, В.Н. Лексин и другие исследователи отмечали высокую точность методов прямого учета затрат, однако организация такого учета в условиях комплексного производства сопряжена со значительными трудностями.

В 1975 г. был предложен метод выявления себестоимости извлечения различных компонентов из комплексного сырья "...косвенным долевым способом с учетом стоимостных и физических параметров одновременно" [32].

Общие расходы на обогащение распределяются по этой методике между компонентами пропорционально отношению извлекаемой ценности каждого из них к суммарной извлекаемой ценности всех компонентов в оптовых ценах. Такая практика распределения общих расходов по существу аналогична методу калькулирования затрат путем их распределения по оптовым ценам, недостатки которого были уже показаны.

Наибольшим распространением в экспериментальных расчетно-исследовательских работах по определению себестоимости попутной продукции пользуется комбинированный метод, основанный на сочетании прямого учета затрат с распределением части расходов по тем или иным критериям, связанным с производством попутной продукции. Этот метод отличается от комбинированного метода, рекомендуемого инструкцией, тем, что в нем отсутствует элемент списания или отключения затрат. Различные модификации комбинированного метода, независимо от критериев распределения затрат, обладают рядом общих характерных особенностей:

а) они исходят из признания экономического "равноправия" основной и попутной продукции, откуда следует необходимость раздельного учета затрат на все продукты, получаемые из комплексного сырья;

б) прямые затраты на получение отдельных продуктов комплексного производства учитываются по операциям и статьям расходов, непосредственно связанным с их выделением;

в) коллективные расходы между компонентами распределяются по критериям, находящимся внутри данной стадии производства, а не вне ее, и функционально связанным с такими технологическими, организационно-техническими или иными параметрами производственного процесса, которые имеют определяющее влияние на формирование затрат этой стадии.

Для реализации этого метода было предложено проводить калькулирование затрат на отдельные виды совместно получаемой продукции на основе расчленения технологического процесса переработки комплексного сырья на ряд отдельных переделов и операций, которые осуществляются либо для одного продукта или компонента сырья (индивидуальные или прямые затраты), либо одновременно для нескольких компонентов (коллективные или комплексные расходы). Все затраты индивидуальных операций учитываются и относятся на тот или иной компонент по прямому назначению, коллективных — распределяются между

компонентами пропорционально тем параметрам конкретного производства, которые оказывают решающее влияние на формирование затрат этих стадий.

Наиболее полное и последовательное обоснование комбинированный метод выявления затрат при комплексной переработке сырья получил в работах В.Н. Лексина и А.Г. Токаревой [9]. Предложенная ими методика с успехом использовалась при расчетах себестоимости продукции обогатительного и металлургического переделов на ряде предприятий цветной металлургии. Но в настоящее время расчетные показатели, полученные по этой методике, значительно устарели.

Аналогичную методику калькулирования затрат использовал В.Н. Виноградов [4] при определении себестоимости производства рассеянных элементов. При этом, как и в методике В.Н. Лексина и А.Г. Токаревой, широко использовался учет прямых затрат, а коллективные расходы на операциях комплексного назначения распределялись по соотношению прямых расходов либо пропорционально возрастанию промышленной ценности продуктов на переделе, устанавливаемому по разности между стоимостью продукции в оптовых ценах и затратами на ее передел. Следует отметить, что распределение коллективных расходов по указанному критерию возможно далеко не всегда, так как затраты на передел могут превышать извлекаемую ценность (для убыточных компонентов) или быть равными ей (при нулевой рентабельности производства).

По методике В.Н. Лексина и А.Г. Токаревой расходы на получение полупродуктов и отходов собственного производства целиком относились на основной продукт, что противоречит принципу наиболее полного учета затрат в условиях комплексного производства. Действительно, если сбор полупродуктов и отходов, а также выведение их из основного процесса совершаются в интересах основного производства или с целью охраны окружающей среды, а расходы, выделяемые для этих целей, могут и должны быть учтены в себестоимости главной продукции, то все последующие операции и расходы, связанные с переработкой отходов (за исключением оборотных продуктов) — внутризаводская транспортировка, репульпация, отмывка, сушка и др. — не относятся к основному производству. В то же время использование отходов основного производства должно способствовать снижению его стоимостных показателей в размерах, пропорциональных затратам живого и овеществленного труда на сбор и подготовку отходов. Указанный принцип формирования затрат полностью отвечает известному положению К. Маркса о том, что "... отходы — независимо от той роли, которую они выполняют в качестве новых элементов производства — удешевляют в той мере, в какой они могут быть вновь проданы, издержки на сырье ...".*

Принятие "нулевой" себестоимости полупродуктов и отходов собственного производства приводит прежде всего к нарушению внутризаводских хозрасчетных взаимоотношений, искажению себестоимости

* Маркс К. Капитал. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 25, ч. 1, с. 91.

попутной и в меньшей мере основной продукции, а также к нарушению стоимостных основ для правильного ценообразования на используемые отходы производства. Аналогичные результаты получаются и при списании попутной продукции по оптовым ценам, когда себестоимость отходов отождествляется со стоимостью производимых из них товарных продуктов.

Таким образом, для проведения дифференцированной оценки запасов попутных компонентов, извлекаемых на стадии металлургического передела, сырья, может быть рекомендован комбинированный метод калькулирования себестоимости. По этому методу осуществлялось калькулирование затрат на получение попутной продукции на предприятиях цветной металлургии Северо-Запада СССР, Урала, Кавказа, Алтая, Казахстана и Средней Азии, перерабатывающих руды цветных металлов [12, 24, 25].

Основой таких расчетов являются сводная калькуляция затрат по всему комплексному производству с выделением расходов по калькулируемым статьям затрат. Для составления такой калькуляции детально изучается основное и связанное с ним попутное производство. К издержкам попутного производства, определяемым цеховой калькуляцией затрат, добавляются затраты смежных цехов по подготовке и транспортировке полупродуктов и отходов (заработная плата рабочих, расход энергии, реагентов и материалов, амортизация основных фондов и транспортные расходы). Общие издержки производства, устанавливаемые сводной калькуляцией затрат, распределяются между всеми ценными компонентами раздельно по статьям расходов. Так, затраты на сырье относятся на тот или иной компонент, который учитывается и оплачивается в сырье, в соответствии с величиной его оплаты по данным бухгалтерского учета. Отходы собственного производства оцениваются по себестоимости их получения, причем распределение таких затрат между компонентами производится пропорционально возрастанию их ценности на переделе.

Расходы на основные и вспомогательные материалы, а также топливо технологическое распределяются между компонентами прямым счетом по нормам их фактического расхода, а при отсутствии таких норм — пропорционально возрастанию промышленной ценности компонентов.

Энергетические затраты (электроэнергия, вода, пар технологический) относятся на тот или иной компонент по нормам расхода в соответствии с фактической расстановкой машин и оборудования. Расходы, приходящиеся на группу компонентов (например, обжиг шламов, вельцевание пылей), распределяются пропорционально соотношению прямых затрат или (в случае невозможности их выделения) по возрастанию промышленной ценности компонентов.

Заработная плата (с начислениями) основных производственных рабочих, занятых на коллективных операциях, распределяется пропорционально соотношению зарплаты на операциях прямого назначения.

Затем прямые и коллективные расходы суммируются и вычисляется сумма заработной платы, приходящейся на каждый извлекаемый компонент.

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования устанавливаются по средним нормам (амортизации, текущего ремонта и др.) по группам оборудования с учетом его фактической расстановки и назначения. Близкие результаты дает распределение общих расходов пропорционально соотношению стоимости оборудования, занятого на производстве отдельных компонентов.

Затраты на подготовку и освоение производства распределяются между отдельными компонентами по соотношению заработной платы основных производственных рабочих, приходящейся на эти компоненты. Использование указанного критерия вполне правомерно, так как эти расходы связаны главным образом с подготовкой, обучением и инструктажем основных производственных рабочих.

Цеховые расходы (к ним относятся затраты по содержанию управленческого персонала цеха, амортизация зданий и сооружений и прочие) распределяются по разным критериям: по соотношению заработной платы и нормам амортизации с учетом фактического соотношения объема зданий и сооружений. Прочие цеховые расходы устанавливаются по соотношению стоимости основных фондов цеха, приходящихся на тот или иной компонент.

По сумме статей затрат от расходов на сырье до цеховых расходов выявляется цеховая себестоимость каждого из попутных компонентов.

ОбщекOMBинатские расходы распределяются по соотношению заработной платы, а прочие производственные расходы — по соотношению затрат на передел (цеховая себестоимость за вычетом затрат на сырье). С учетом указанных статей затрат и цеховой себестоимости определяется производственная себестоимость компонентов.

Внепроизводственные расходы относятся на отдельные компоненты по производственной себестоимости, и в итоге рассчитывается полная заводская себестоимость каждого вида продукции.

Калькулирование издержек производства по изложенной методике практически совершенно исключает цены как критерий распределения затрат. Учет расходов по статьям затрат, приходящихся на тот или иной компонент, осуществляется в основном прямым счетом, а распределение расходов на коллективных операциях — по критериям, непосредственно связанным с технологическими особенностями производства.

Полученные суммарные затраты на извлечение каждого из попутных компонентов сопоставляются с балансом попутного и основного производств. При этом определяются удельные затраты по извлечению компонентов из 1 т переработанного полупродукта (шлам, пыль и др.) и основного промышленного концентрата и рассчитываются предельные экономически допустимые содержания компонентов в указанных видах сырья.

Использование единых принципов учета и калькулирования затрат делает сравнимыми технико-экономические показатели различных видов комплексных производств.

Учитывая известную условность распределения расходов на коллективных операциях, некоторые исследователи [7, 23] отрицают необходимость их учета при расчете кондиций и определении эффективности получения каждого из компонентов руд. Однако выполненные расчеты [24] показывают, что расходы на коллективных операциях могут составлять от 50 до 75 %, изменяясь в зависимости от вида производства и структуры затрат по статьям расходов. Исключение коллективных расходов при обосновании минимальных экономически допустимых содержаний приводит к резкому занижению последних (на 30—40 %) и нарушению общепринятых принципов оценки полезных ископаемых и распределения их запасов на балансовые и забалансовые на экономической основе.

Некоторые авторы, совершенно справедливо считая, что калькулирование затрат должно основываться на учете технологических и организационных особенностей производства, предлагают выделять только прямые затраты по основным статьям расходов, а коллективные расходы распределять между компонентами по соотношению прямых затрат, но в настоящее время указанный метод не прошел экспериментальной проверки на предприятиях и не разработан в деталях применительно к разным видам комплексных производств.

Не получили достаточной экспериментальной проверки и пока не могут быть оценены некоторые экономико-математические методы определения затрат в условиях комплексного производства. К ним, в частности, относится способ распределения затрат между компонентами по методу теории кооперативных игр с использованием вектора Шепли.

Следует отметить, что калькулирование затрат на получение попутных полезных ископаемых выполняется в полном объеме только при получении попутной продукции в условиях сложных комплексных производств, например при переработке медных и цинковых концентратов медноколчеданных и колчеданно-полиметаллических руд, свинцовых концентратов из свинцово-цинковых руд. Во многих случаях участки и цехи попутной продукции обособлены в хозяйственном отношении и являются однопродуктовыми при сравнительно простом балансе производства, что значительно облегчает калькулирование затрат. К числу таких производств относится, например, получение галлия при переработке нефелиновых концентратов и руд, германия — из пылей шахтной плавки богатых медных руд, рения — при переработке медных и молибденовых концентратов. Прямым счетом в большинстве случаев могут быть определены затраты на утилизацию пород и полезных ископаемых во вскрыше месторождений, а также расходы, связанные с подготовкой для промышленного использования отходов обогащения. В последнем случае могут учитываться капитальные затраты, а также расходы на добычу и обогащение.

Глава 9. УЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА И ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

В результате калькулирования себестоимости производства попутной товарной продукции по разности между его извлекаемой ценностью из 1 т руды или концентрата и затратами на извлечение рассчитывается экономический эффект от получения каждого оцениваемого попутного компонента. С учетом экономического эффекта попутного получения отдельных элементов определяется так называемый "рациональный круг" извлекаемых компонентов, рассчитываются суммарная прибыль и эффективность комплексного использования минерального сырья.

Известные к настоящему времени предложения по учету экономического эффекта попутного производства при обосновании кондиций для подсчета запасов комплексных руд можно разделить на следующие группы: 1) списание стоимости попутной товарной продукции с общих затрат комплексного производства; 2) учет в цене основного компонента ценности попутной товарной продукции; 3) приведение попутных полезных ископаемых к основному компоненту; 4) исключение суммарного дохода попутного производства из общих расходов на добычу и переработку 1 т комплексной руды.

По методу списания все затраты комплексного производства относятся на один основной компонент и из суммы затрат на его получение вычитается стоимость попутной товарной продукции. Указанный способ учета экономического эффекта комплексного использования сырья широко распространен среди сторонников метода списания при калькулировании затрат. Таких же взглядов при обосновании минимальных промышленных содержаний придерживался Г.Г. Гудалин, который допускал, например, возможность вычета стоимости благородных металлов, содержащихся в 1 т руды, из себестоимости коллективных переделов.

Этот метод учета экономического эффекта комплексного использования сырья является прямым результатом "котлового" учета затрат комплексного производства и списания попутной продукции по оптовым ценам. Недостатки такого способа калькулирования затрат и соответственно учета экономического эффекта, неизбежно приводящие к нарушению стоимостных показателей оценки запасов основных и попутных компонентов, были показаны в предыдущей главе настоящей работы. Основными из них являются: 1) искажение действительной себестоимости основного и попутного производства; 2) исключение критериев для обоснованного отнесения запасов каждого из попутных полезных ископаемых к балансовым или забалансовым; 3) резкое сужение круга оцениваемых в сырье компонентов и невозможность оптимизации попутного производства путем улучшения оперативного управления его экономикой.

По изложенным причинам метод списания как при калькулировании затрат, так и при обосновании кондиций нельзя считать экономически

приемлемым методом учета экономического эффекта комплексного использования минерального сырья.

Близок к рассматриваемому способ учета экономического эффекта от извлечения попутной продукции путем введения доплат к цене основного компонента. Действующими Методическими указаниями [16] в этом случае рекомендуется рассчитывать минимальное промышленное содержание основного компонента в руде C (в %) по формуле $C = 100Z / [C(1 + K) IP]$, где Z — затраты на добычу и переработку 1 т руды, руб.; C — оптовая цена основного компонента, руб.; K — коэффициент, учитывающий отношение ценности попутных и основного компонентов; I, P — коэффициенты соответственно извлечения и разубоживания руды.

Положение о возможности учета экономического эффекта комплексного использования сырья путем введения доплат базируется на представлении о том, что запасы попутных компонентов при сравнительно равномерном распределении их в рудах основного металла не подлежат специальной блокировке и будут отнесены целиком к балансовым или к забалансовым в зависимости от промышленного значения запасов основного компонента в подсчетном блоке. Необходимым условием учета экономического эффекта указанным способом является извлечение каждого попутного компонента один из концентратов основных металлов, на которые установлены цены с учетом доплат за попутный компонент.

В действительности попутные компоненты в большинстве случаев переходят не в один, а в несколько концентратов цветных металлов и извлекаются из них по разным технологическим схемам и при различном уровне технико-экономических показателей. Введение доплат по какому-либо среднему уровню содержания компонента в концентрате в любом случае не позволит учесть полный эффект от извлечения его запасов при фактическом уровне содержаний, так как доплаты к цене основного металла могут не отвечать реальным экономическим особенностям получения попутного компонента из разных концентратов или шихты.

Кроме того, учет экономического эффекта указанным способом противоречит принципу дифференцированной оценки запасов каждого из ценных компонентов сырья. Установление цены на тот или иной металл в концентрате, содержащем попутные компоненты, не исключает необходимости выявления затрат на их извлечение в каждом конкретном случае. Только на этой основе запасы каждого из компонентов могут быть отнесены к балансовым или забалансовым. Если отказаться от раздельного учета издержек и экономического эффекта производства по каждому из компонентов, то, очевидно, следует признать, что теряет смысл и учет запасов каждого из них на экономической основе — достаточно, чтобы основной компонент был рентабельным. Это и соответствует существующей неправильной практике списания стоимости попутных компонентов по оптовым ценам.

Таким образом, учет ценности попутной продукции путем введения доплат к цене основного компонента по существу аналогичен мето-

ду списания валовой ценности попутной продукции из общих затрат комплексного производства, являясь как бы зеркальным отражением первого метода (рекомендуется увеличение цены вместо уменьшения затрат).

Учет экономического эффекта путем введения доплат к цене основного компонента допустим для целей подсчета запасов в том случае, если из руд получается один концентрат, содержащий один-два попутных компонента, производство которых заведомо рентабельно [30]. Однако и в этом случае экономический эффект извлечения попутных компонентов не будет учтен полностью из-за различий в уровне оплачиваемого и фактического среднего содержания их в концентрате. При извлечении в тот же концентрат ряда других компонентов учет экономического эффекта указанным способом станет практически невозможным.

Широко распространен способ учета ценности попутных компонентов при оконтуривании запасов комплексных руд путем применения переводных коэффициентов для приведения стоимости попутных компонентов к стоимости основного металла. Коэффициенты рассчитываются исходя из соотношения извлекаемой ценности каждого из попутных и основного компонента.

Такие расчеты обычно осуществляются для попутных компонентов II группы, извлекаемых в селективные (реже — коллективные) концентраты. Проведение аналогичных расчетов для любых других видов попутных полезных ископаемых (компонентов I и III групп) не всегда оправдано, так как реальное основное производство планируется не по условному металлу, а по основному компоненту. Именно по этой причине попутные компоненты I группы, резко отличающиеся от основного полезного ископаемого по составу, технологии добычи и переработки, направлениям использования и другим параметрам, не пересчитываются в условный основной металл. Следовательно, применение переводных коэффициентов при значительной доле попутной продукции в извлекаемой ценности руд может приводить к искажению представлений о действительной эффективности извлечения основного (не условного) компонента.

Еще более значительные погрешности могут возникнуть, если переводные коэффициенты рассчитываются с использованием цен на металл, из которых вычитаются транспортные расходы и затраты на металлургический передел для так называемого "приведения" цен на металлургическую продукцию к ценам на концентрат. Расчет переводных коэффициентов K_n рекомендуется осуществлять по формуле [16]:

$$K_n = (C_{M2} - T_2 - M_2) I_{2I_{M2}} / [(C_{M1} - T_1 - M_1) I_{1I_{M1}}],$$

где C_{M2} и C_{M1} — оптовые цены соответствующих металлов; T_2 и T_1 — стоимость транспортировки 1 т соответствующих концентратов; M_2 и M_1 — стоимость получения 1 т металлов при металлургическом переделе; I_{M2} и I_{M1} — извлечение металлов при металлургическом переделе; I_2 и I_1 — извлечение металлов в концентраты.

Для проведения подобных расчетов необходимо прежде всего знать

затраты на получение каждого попутного компонента в металлургическом переделе, а также транспортные расходы. Как те, так и другие затраты для попутных компонентов не всегда калькулируются, а точность их определения существующими на практике методами низкая. Следует также иметь в виду, что цены на металл, как правило, несравненно выше затрат на металлургический передел, и подобное искусственное "приведение" цены металла к его цене в концентрате повлечет неизбежное завышение последней. В приведенной формуле неправомерно также учитывать извлечение при металлургическом переделе I_{M2} , I_{M1} при использовании "приведенной" цены на концентрат.

Таким образом, применение переводных коэффициентов для учета ценности попутных компонентов в комплексных рудах может быть рекомендовано для элементов (металлов), получаемых в пределах одного передела (обогачительного или металлургического), сравнимых по величине извлекаемой ценности и при одинаковом уровне оценки (по уровню концентрата или металла).

Наиболее приемлемым и универсальным способом учета экономического эффекта комплексного использования минерального сырья при обосновании кондиций следует считать исключение суммарного дохода от производства попутных компонентов из общих затрат на добычу и переработку комплексной руды. В соответствии с рекомендациями ГКЗ СССР [16] минимальные промышленные содержания основного компонента C в этом случае рассчитываются по формуле: $C = 100(3 - D) / (ЦИР)$, где 3 — затраты на добычу и переработку 1 т руды с учетом расходов на получение попутной продукции; D — суммарный доход от извлечения попутных компонентов; $Ц$ — цена основного компонента, I , P — коэффициенты его извлечения и разубоживания.

При расчетах с использованием указанной формулы может учитываться экономический эффект (прибыль) от извлечения любых видов попутных полезных ископаемых и в том числе пород вскрыши, редких и рассеянных элементов.

Для пород и полезных ископаемых во вскрыше месторождений, имеющих второстепенное экономическое значение, доход определяется в расчете на утилизируемый объем вскрыши и исключается затем из затрат на получение основного компонента (без учета расходов на утилизацию вскрыши).

Если попутные полезные ископаемые во вскрыше близки по извлекаемой ценности к основному виду сырья, то при оценке месторождения учитывается суммарный эффект его освоения при условии нормативной эффективности извлечения каждого ценного (основного и попутных) компонента.

Для компонентов III группы учет суммарного дохода от их извлечения по последней формуле — единственный практически осуществимый способ учета экономического эффекта. Расчет переводных коэффициентов для редких и рассеянных элементов нерационален ввиду исчезающе малого значения этих коэффициентов и излишней сложности расчетов. Кроме того, цены для целого ряда попутных компонентов III груп-

пы по сравнению с другими цветными металлами могут значительно отличаться от уровня общественно необходимых затрат на их получение. Использование таких цен при расчете переводных коэффициентов без учета возможной себестоимости извлечения компонентов может привести к значительным искажениям представлений о действительной ценности комплексных руд. Поэтому оценка каждого из компонентов III группы производится дифференцированно (по типам руд, концентра-там и элементам) на основе калькулирования издержек производства и сопоставления их с ценностью редкометалльной товарной продукции. С затрат на основной компонент, определяемых без учета расходов попутного производства, списывается суммарный доход от извлечения попутных компонентов III группы. Подсчет реально извлекаемых запасов редких и рассеянных элементов, связанных в руде с основными рудо-образующими минералами, извлекаемыми в товарные концентраты, открывает широкие возможности для оптимизации не только попутного, но и основного производства с учетом прибыли от извлечения отдельных компонентов и их групп.

В связи с возрастанием народнохозяйственного значения комплексного использования минерального сырья большое практическое значение приобретают вопросы правильного измерения экономического эффекта и расчета экономической эффективности на всех стадиях комплексного освоения месторождений — от их разведки до получения товарной продукции. Так как важнейшей целью комплексного освоения минерально-сырьевых ресурсов является "... достижение оптимальных для народного хозяйства страны и интересов будущих поколений показателей полноты использования ресурсов недр и участвующих в процессе их освоения трудовых и материальных ресурсов" [2], то, очевидно, что показатели эффективности должны учитывать как хозяйственные интересы отдельных предприятий, так и народнохозяйственные интересы.

Ключевым моментом при определении экономической эффективности комплексного использования минерального сырья является расчет экономического эффекта. Важнейшее значение для этого имеет выбор принципов и критериев оценки, а также метода калькулирования затрат, наиболее полно отвечающих особенностям комплексного производства. Как экономический эффект, так и показатели эффективности комплексного использования сырья даже при правильном калькулировании затрат на передел могут искажаться за счет, например, оценки валовых запасов по некоторым усредненным показателям либо неправильного учета затрат на полупродукты и отходы собственного производства, коллективные переделы сырья и т. д.

Принцип дифференцированной оценки запасов попутных компонентов, предполагающий раздельное выявление затрат и эффекта по каждому из ценных компонентов и видам сырья, а также возможность оценки их запасов на уровне нулевой рентабельности для объемов, превышающих размеры эксплуатационных блоков, не вызывают в настоящее время возражений. Практически общепринят также принцип оценки используемых полупродуктов и отходов собственного производства по уровню

трудовых и материальных затрат на их получение. Однако в практике работы предприятий используемые отходы собственного производства часто принимаются по "нулевой" себестоимости. Возможность подобной оценки не допускается большинством исследователей, так как она ведет к искажению стоимостных показателей основного и попутного производства, нарушению стоимостных принципов ценообразования на попутную продукцию, затруднениям в развитии хозрасчетных отношений и т. п.

Принцип наиболее полного учета затрат, согласно которому учитываются прямые расходы по оцениваемым элементам и статьям затрат, а коллективные расходы распределяются на операциях комплексного назначения, является важнейшим принципом определения издержек в условиях комплексного производства и принят подавляющим большинством исследователей. Но некоторые исследователи [7, 23], отрицают необходимость учета расходов на комплексных переделах как при обосновании кондиций для отдельных компонентов, так и при выявлении эффективности получения каждого из компонентов руд. Авторы указанных работ считают, что коллективные расходы "... не меняются при расширении (изменении) номенклатуры извлекаемых компонентов" [7] или представляют собой неделимую постоянную величину, не подлежащую распределению между отдельными компонентами комплексного сырья [23]. Оптимизацию стоимостных показателей комплексного производства предлагается производить только по прямым затратам с тем, чтобы расширить "... экономически эффективные границы комплексного использования сырья" [7, 23].

В связи с изложенным следует отметить, что общие (коллективные) расходы не могут быть величиной постоянной, поскольку уже расходы на селективное обогащение прямо зависят от числа извлекаемых компонентов. В редкометальных производствах, связанных с металлургическим переделом (обезмеживание и обжиг шламов, вельцевание пылей и т. п.), коллективные расходы варьируют в зависимости от изменения количества перерабатываемых шламов, пылей, огарков и поэтому увеличение объема (и количества) извлекаемых компонентов прямо зависит от роста затрат как на индивидуальных, так и на коллективных переделах. Например, если из медеелектролитных шламов получают только селен, то достаточно произвести коллективные затраты на обезмеживание и обжиг шламов. При организации извлечения из тех же шламов золота, серебра и теллура необходимы значительные коллективные затраты на плавку огарка (после обжига шламов).

Анализ соотношения коллективных и индивидуальных расходов, проведенный автором на крупнейших предприятиях цветной металлургии СССР [24], показывает, что прямые издержки производства составляют лишь 25—50 % общих затрат, изменяясь в значительной степени в зависимости от вида производства и статей расходов.

Исходить из необходимости учета только прямых затрат на извлечение элементов при определении экономического эффекта и расчете эффективности получения каждого из них также неправильно, так как инди-

индивидуальные расходы меньше общих затрат в 2–3 раза и соответственно в такой же пропорции будут завышены экономический эффект и расчетная эффективность извлечения отдельных элементов. Это, в свою очередь, вызовет соответствующую ошибку при обосновании минимального промышленного содержания основного (условного) компонента и оценке запасов месторождения в целом. Очевидно, учитывая недостатки предлагаемых решений, Ф.Д. Ларичкин, Н.А. Рыженков и др. замечают, что учет только индивидуальных затрат "... еще не свидетельствует об эффективности использования многокомплексного сырья в целом" [7] и что общие затраты "... должны учитываться только при определении общей эффективности производства" [23]. Такое замечание, однако, не избавляет от ошибок в учете затрат и расчете экономического эффекта от извлечения каждого из элементов, а также не исключает противоречия в подходе к оценке их запасов.

Наиболее эффективный вариант комплексного использования сырья выбирается путем сравнения приведенных затрат, которые рассчитываются с учетом текущих и капитальных вложений с использованием комбинированного метода калькулирования издержек производства (см. гл. 8). Кроме того, должны приниматься во внимание расходы на охрану окружающей среды, а также необходимость специальных затрат на геологоразведочные работы по сравниваемым вариантам.

По сравниваемым вариантам комплексного использования минерального сырья должна быть обеспечена сопоставимость по следующим показателям [14]: 1) перечню извлекаемых ценных компонентов; 2) срокам производства затрат и получения эффекта; 3) ценам, используемым при расчетах затрат и эффекта; 4) методам определения стоимостных показателей; 5) учету воздействия на окружающую природную среду.

Для расчета показателей эффективности комплексного использования сырья вычисленный эффект по выбранному варианту сравнивается с вызвавшими этот эффект затратами. При этом в соответствии с методическими рекомендациями [14] могут рассчитываться показатели народнохозяйственной и хозрасчетной эффективности.

Народнохозяйственная эффективность $E_{нх}$ определяется по соотношению прироста национального дохода ΔD_n или прибыли за счет комплексного использования сырья ΔP_n к дополнительным капиталовложениям, вызвавшим этот прирост K : $E_{нх} = \Delta D_n / K$; $E_{нх} = \Delta P_n / K$.

Хозрасчетная эффективность $E_{хр}$ комплексного использования сырья устанавливается в условиях строящихся или действующих предприятий по соотношению прироста прибыли за счет комплексного использования сырья ΔP и стоимости основных фондов Φ соответствующих производств [14]: $E_{хр} = \Delta P / \Phi$.

Оцениваемый вариант комплексного использования минерального сырья с извлечением основных и попутных компонентов считается экономически оправданным, если обеспечивается эффективность (с учетом суммарных издержек всего производства) не ниже среднего нормативного показателя для цветной металлургии.

При обосновании оптимальных показателей эффективности комплекс-

ного использования сырья некоторые авторы [3, 4, 14] предлагают предварительно выявить так называемый "рациональный круг" извлекаемых элементов из всего перечня ценных компонентов, содержащихся в сырье. Для этого рекомендуется рассчитать эффективность использования сырья сначала с учетом извлечения всех компонентов, а затем — по нескольким вариантам, определяемым путем последовательного исключения "... полезных компонентов, имеющих наименьшее промышленное значение" [4]. Подобным образом рекомендуется проанализировать возможную эффективность при исключении каждого из ценных компонентов. Согласно В. Виноградову, при проведении такого анализа следует учитывать уровень рентабельности получения компонентов: если какой-либо элемент не обеспечивает рентабельности, близкую к нормативной, его не следует включать в число ценных [4].

В связи с изложенным следует заметить, что уровень рентабельности не может быть единственным критерием для выявления промышленной ценности попутных компонентов, так как их извлечение целесообразно даже при условии нулевой рентабельности, если существует потребность в этом элементе и его не получают в условиях самостоятельных производств. Следует также учитывать, что себестоимость извлечения отдельных попутных элементов, уровень рентабельности их получения по отношению к себестоимости и показатели эффективности капиталовложений или основных фондов могут рассчитываться только для условий действующих производств. При этом себестоимость определяется как усредненная величина затрат на получение элемента из смеси концентратов или усредненных полупродуктов (шламов, пылей и др.), образующихся при их переработке. Основные фонды также могут быть отнесены на тот или иной попутный компонент только в условиях действующих производств, поэтому вопрос об извлечении конкретного элемента в зависимости от его рентабельности или нерентабельности и определение "оптимального круга" извлекаемых компонентов правомерно решать только при оценке целесообразности комплексной переработки указанных усредненных полупродуктов на предприятиях.

При оценке отдельных месторождений на стадии предварительной или детальной разведки также определяется целесообразность извлечения каждого из попутных компонентов путем сравнения усредненных данных о себестоимости получения каждого из компонентов на заводе-потребителе с величиной их извлекаемой ценности в расчете на 1 т перерабатываемого концентрата основного металла. На этой основе рассчитываются минимальные экономически допустимые содержания каждого из оцениваемых компонентов. Основное назначение указанных расчетов — не установление оптимального перечня извлекаемых элементов, а выделение и подсчет запасов попутных компонентов, заведомо рентабельных в отработке. Только с учетом величины этих запасов рассчитывается суммарная прибыль, которая принимается во внимание при обосновании кондиций на основной компонент.

Запасы элементов, производство которых по усредненной себестоимости будет нерентабельным, подсчитываются как и запасы рентабельных

компонентов и относятся к забалансовым. Однако хотя извлечение их из руд данного месторождения неэффективно, в силу усреднения концентратов, а затем и полупродуктов на заводе — потребителе сырья, они вполне могут перейти в число эффективных.

Таким образом, при определении эффекта и расчете эффективности комплексного использования сырья нужно прежде всего четко представлять цели и задачи таких расчетов, которые, основываясь на общих принципах, различаются для разведываемых месторождений и комплексных производств. При оценке месторождений достаточно рассчитать рентабельность извлечения отдельных элементов по отношению к себестоимости их получения, а также определить эффективность извлечения комплекса элементов исходя из соотношения общей прибыли и суммарных затрат на их извлечение, включающих текущие расходы на предел и амортизацию основных фондов.

Глава 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В соответствии с современными требованиями запасы попутных полезных ископаемых (компонентов руд) должны подсчитываться методами, отвечающими характеру их залегания в месторождении или распределения в рудах и учитывающими особенностями промышленного использования запасов, которые определяют уровень и показатели их оценки.

При подсчете запасов попутных полезных ископаемых I группы, образующих самостоятельные рудные и нерудные залежи во вскрыше месторождений, используются методы, применяемые для подсчета запасов аналогичных видов сырья в самостоятельных месторождениях. При этом, несмотря на попутный характер добычи указанных полезных ископаемых, запасы их могут подсчитываться по типам и сортам, выделяемым по качественным параметрам, геологическим условиям залегания (выветренность, тектоническая нарушенность и др.), а также направлениям промышленного использования. В ряде случаев при подсчете запасов компонентов I группы должно быть обосновано минимально необходимое их количество, попутная отработка которого компенсирует предстоящие затраты на добычу и доведение до товарного вида соответствующих видов сырья (см. гл. 7).

Материалы подсчета запасов попутных полезных ископаемых I группы, залегающих во вскрыше месторождений цветных металлов, оформляются в виде самостоятельных томов отчета с подсчетом запасов [31].

Попутные полезные ископаемые (компоненты) II группы, извлекаемые в селективные или коллективные концентраты, изучаются, подсчитываются и оцениваются наряду с основными компонентами в соответствии с существующими для них требованиями. Однако некоторые виды попутных компонентов II группы (ртуть в цинковых концентратах, сурьма и висмут — в свинцовых, золото и серебро — в медных) накапливаются в продуктах переработки основных концентратов и могут быть извлечены из них в товарную продукцию только при использовании

специальной технологии. По характеру распределения в руде и условиям извлечения в товарную продукцию эти компоненты аналогичны рассеянным элементам и должны подсчитываться методами, применяемыми при подсчете запасов попутных компонентов III группы в комплексных рудах цветных металлов.

Основным современным требованием к подсчету и учету запасов редких и рассеянных элементов является не только необходимость определения их валового количества в руде, но и подсчет реально извлекаемых запасов, связанных с основными рудообразующими минералами, поступающими в товарные концентраты. Необходимость подсчета запасов компонентов III группы по извлекаемым минералам следует из особенностей их распределения по минералам и промышленным концентратам.

Экономически обоснованные предложения по дифференцированной оценке редких и рассеянных элементов в комплексных рудах были выдвинуты лишь в начале 70-х годов [4] и др. Однако еще задолго до этого рассматривались способы подсчета запасов компонентов III группы, хотя и не предусматривавшие применение экономических критериев, но учитывавшие особенности распределения элементов-примесей по минералам в руде. Так, подсчет запасов рассеянных элементов с использованием минералогических проб (50—100 по каждому типу руд) был предложен в 1959 г. А.Д. Каленовым. Б.И. Галкин, И.П. Шарапов, А.Н. Литвинович, А.П. Грудев полагали, что при подсчете запасов элементов-примесей следует определять их содержания путем изучения корреляционных зависимостей между содержаниями основного и попутных компонентов по рядовым и групповым пробам.

На необходимость дифференцированного подсчета запасов рассеянных элементов одними из первых указали в 1960 г. В.Н. Лексин и Л.В. Смирнягин, которые отмечали, что подсчет валовых запасов попутных компонентов даже с использованием большого числа рядовых и групповых проб не отражает действительного распределения компонентов в руде. Поэтому они предложили "дифференцировать" валовые запасы, подсчитывая их по средним содержаниям рассеянных элементов в мономинеральных фракциях. К сожалению, указанные авторы не разработали экономические критерии разделения "дифференцированных" запасов рассеянных элементов по их реальному промышленному значению, подобные минимальному промышленному содержанию, и вследствие этого данный способ подсчета запасов был лишен экономической основы.

При подсчете запасов с расчетом содержаний по мономинеральным фракциям необходимо учитывать возможность присутствия в составе руды нескольких генераций одного и того же минерала при разном содержании в них попутных рассеянных элементов. Последний недостаток практически исключался при подсчете запасов элементов-примесей, содержания которых определялись при опробовании промышленных концентратов, получаемых при обогащении технологических проб руды. Такой способ подсчета запасов, предложенный О.В. Ивановым, позволял учитывать извлекаемые запасы элементов, повысить точность определения

средних значений содержаний, механизировать процесс отбора проб и, главное, исключить погрешности, обусловленные наличием в руде нескольких генераций минералов. Экономические критерии к оценке промышленного значения запасов элементов-примесей, извлекаемых в промышленных концентратах, О.В. Ивановым не применялись.

А.М. Быбочкин также указывал на необходимость подсчета запасов рассеянных элементов с учетом баланса их распределения по минералам в руде. При этом запасы, связанные в руде с извлекаемыми минералами, предлагалось целиком относить к балансовым, если они подсчитывались в контуре балансовых запасов основного компонента, а запасы, приуроченные к неизвлекаемым минералам, — к забалансовым. Такой подход к подсчету запасов компонентов III группы и разделению их на балансовые и забалансовые являлся определенным шагом вперед, но также не решал вопроса об их экономической оценке.

Таким образом, к началу 70-х годов стала очевидной необходимость изучения и учета не только валовых, но и реально извлекаемых запасов компонентов, связанных в руде с минералами, извлекаемыми в основные промышленные концентраты. Установленные к этому времени в процессе специальных исследований значительные различия в уровне средних содержаний даже одних и тех же элементов в разных концентратах и, главное, в уровне технико-экономических показателей извлечения элементов из них обусловили потребность в дифференцированной оценке реально извлекаемых запасов компонентов III группы с использованием экономических критериев.

Наиболее обстоятельно методические вопросы подсчета и оценки запасов рассеянных элементов (калькулирование затрат на извлечение элементов, обоснование минимальных промышленных содержаний полутных компонентов и др.) были рассмотрены В.Н. Виноградовым [4]. Однако и в этой работе указанные вопросы не нашли полного последовательного разрешения. Например, было предложено производить дифференцированный расчет минимально допустимых содержаний элементов в концентратах, а запасы рассеянных элементов в руде подсчитывать "по валу" при наименьшем значении установленных содержаний. Очевидно, что подсчет и учет валовых запасов противоречат современным принципам дифференцированной оценки последних, так как не позволяют подсчитать и оценить запасы каждого из компонентов на экономической основе и выделить для учета в кондициях прибыль от утилизации реально извлекаемых запасов. Рекомендованные В.Н. Виноградовым минимально допустимые значения редких и рассеянных элементов не были дифференцированы по промышленным типам месторождений, районам переработки сырья и способам извлечения элементов и вследствие этого не могли служить практическим целям подсчета и оценки запасов.

В последующие годы А.М. Быбочкиным, А.М. Сечевицей, Е.В. Буриковым и другими исследователями были разработаны принципы обоснования минимально допустимых содержаний редких и рассеянных элементов в концентратах и рудах, методика их дифференцированного

расчета [12] и установлены количественные значения минимально допустимых содержаний для подсчета запасов попутных компонентов.

В соответствии с принципами дифференцированной оценки запасов редких и рассеянных элементов основные методические требования к их подсчету сводятся к следующему.

Запасы попутных компонентов III группы подсчитываются и учитываются в месторождениях, целесообразность промышленного освоения которых обеспечивается экономикой извлечения основного компонента. При этом подсчет запасов попутных компонентов данной группы выполняется исключительно в пределах контура подсчета балансовых и забалансовых запасов основного компонента. При значительных запасах, важном экономическом значении попутных компонентов и достаточно высокой плотности их опробования, сравнимой с плотностью опробования основного компонента, подсчет запасов производится по содержаниям, установленным в отдельных выработках, подсчетных сечениях, блоках запасов основного компонента. Однако в большинстве случаев плотность опробования запасов попутных компонентов в несколько раз ниже, чем основных металлов, поэтому их запасы подсчитываются в объемах, превышающих размеры подсчетных блоков основного компонента (по группе блоков, типам руд, рудным телам и т. п.), но находящихся в пределах контура балансовых запасов основного компонента.

В соответствии с существующими требованиями [31] подсчитываются и учитываются валовые и реально извлекаемые запасы попутных компонентов III группы. Подсчет валовых запасов в руде при значительном уровне средних содержаний осуществляется по рядовым пробам основного компонента или по групповым пробам, составленным с учетом длины интервалов опробования из дубликатов проб основного компонента. Нижний предел для подсчета валовых запасов попутных компонентов не лимитируется и определяется чувствительностью применяемого метода анализа при условии выявления содержаний с допустимой погрешностью. Подсчет валовых запасов позволяет получить представление о масштабе того или иного разведываемого месторождения по общим запасам попутных компонентов.

Рентабельность отработки валовых запасов не рассчитывается, так как рассеянные элементы извлекаются не из руды, а из промышленных концентратов и продуктов их передела. Исключение представляют подсчет и оценка валовых запасов рассеянных элементов в рудах, направляемых в плавку или гидрометаллургический передел без обогащения (богатые медные руды с селеном и теллуром, бокситы и существенно нефелиновые руды с галлием, рубидием и цезием, алуниты). Однако валовые запасы попутных компонентов извлекаются из недр вместе с балансовыми запасами основных компонентов и поэтому их необходимо относить целиком к балансовым в пределах контура балансовых запасов основного компонента и к забалансовым — в забалансовых рудах.

Для выявления промышленного значения запасов каждого из элементов и расчета экономической эффективности их извлечения в соответствии с принципами дифференцированной оценки из валовых запасов

выделяются и подсчитываются реально извлекаемые запасы, связанные в руде с отдельными минералами, поступающими при обогащении в товарные промышленные концентраты.

Необходимость дифференцированного подсчета и учета запасов попутных компонентов III группы обусловлена тем, что при обогащении руд их валовые запасы распределяются по основным концентратам (медному, цинковому, пиритному и т. д.), а часть их переходит в хвосты обогащения и безвозвратно теряется. Концентраты основных металлов перерабатываются по различным схемам; при этом получают разнородные редкометалльные полупродукты и товарные продукты при различном уровне технико-экономических показателей извлечения элементов. На стадии детальной разведки указанные особенности распределения и извлечения элементов определяют основные задачи, методы и порядок подсчета запасов попутных компонентов. Если при предварительной разведке месторождений задача по изучению и подсчету запасов попутных компонентов сводится в основном к установлению перечня ценных попутных компонентов в руде, изучению общего характера распределения их по минералам и выявлению возможного масштаба запасов по сравнительно ограниченному числу рядовых или групповых проб, то на стадии детальной разведки необходимы, кроме того, составление полного и точного баланса распределения элементов по минералам в руде, продуктам и отходам обогащения, расчет средних содержаний элементов по минералам, типам руд, рудным телам, подсчет реально извлекаемых запасов и экономическая их оценка.

На стадии детальной разведки важнейшее значение приобретает определение средних содержаний рассеянных элементов в основных рудообразующих минералах, которое производится путем отбора и анализа мономинеральных фракций или различных (лабораторные, полупромышленные, промышленные) концентратов, обогащенных рудообразующим минералом.

Опробование с отбором мономинеральных фракций осуществляется в том случае, если руды или их типы и сорта, выделяемые при подсчете запасов, представлены сравнительно крупнозернистыми минералами одной генерации. По установленным в мономинеральной фракции содержаниям рассеянных элементов A (в г/т) рассчитываются содержания в минерале C (в г/т) с учетом содержания анализируемых минералов в каждой фракции B (в %) по известной формуле $C = 100 A/B$.

При высоком качестве мономинеральных фракций установленные содержания рассеянных элементов не пересчитываются на 100 %-ное содержание минерала.

Для подсчета запасов рассеянных элементов в извлекаемых минералах в руде запасы каждого из основных металлов (меди, цинка, пиритной серы и т. д.) пересчитываются на количество соответствующих минералов с использованием следующего соотношения: $Q_m = 3A_m/A_3$, где Q_m — запасы минерала в руде; 3 — запасы основного металла в руде; A_m — молекулярная масса основного минерала; A_3 — атомная масса основного металла.

Указанный пересчет может производиться по основным подсчетным

единицам (блоки, рудные тела, типы руд), принятым для подсчета запасов основного компонента.

Результаты анализов рассеянных элементов в мономинеральных фракциях могут пересчитываться и на содержание основного металла в них. Порядок таких пересчетов излагается далее применительно к опробованию по концентратам.

Содержания рассеянных элементов в концентратах основных металлов определяются в тонкозернистых рудах с неравномерным распределением рудных минералов при их тонком срастании. Опробование по концентратам следует также использовать в качестве контрольного вида опробования независимо от качества руд и характера распределения в них ценных минералов.

Установленные в концентратах содержания рассеянных элементов пересчитываются на 100%-ное извлечение металла с учетом его фактического извлечения в концентрат: $C = 100C_K/I_O$, где C — содержание рассеянного элемента в концентрате при 100%-ном извлечении основного металла; C_K — содержание рассеянного элемента в концентрате при фактическом извлечении основного металла; I_O — извлечение основного металла.

Величиной разубоживания концентратов основных металлов (засорения их рудными и нерудными минералами) при высоком (80–90 %) извлечении металла в концентрат можно пренебречь, так как, хотя в каждом из концентратов содержится примесь разноименных рудных минералов (в медном — сфалерита и пирита, в цинковом — халькопирита и пирита и т. д.), содержания и запасы рассеянных элементов по сумме всех концентратов будут равны суммарным реально извлекаемым запасам. Кроме того, следует помнить, что разубоживание учитывается при обосновании минимального промышленного содержания основного металла и определении основных подсчетных контуров — блоков, границ балансовых и забалансовых запасов и т. д.

При 100%-ном извлечении металла в концентрат последний может быть приравнен к мономинеральной фракции; в таком случае при подсчете реально извлекаемых запасов попутных компонентов средние содержания рассеянных элементов, пересчитанные на 100%-ное извлечение металла в концентрат, умножаются на запасы основных минералов в подсчетных контурах.

Указанный пересчет может производиться и по содержанию металла в концентрате с использованием следующей формулы: $Q_3 = 100 C_3 Q_M / (C_K I_O)$, где Q_3 — запасы рассеянного элемента, связанные в руде с запасами основного металла; C_3 — содержание рассеянного элемента в концентрате основного металла; C_K — содержание основного металла в концентрате; I_O — извлечение основного металла в концентрат; Q_M — запасы основного металла в руде в недрах.

Аналогичным способом может быть произведен расчет содержаний и подсчет извлекаемых запасов и при опробовании по мономинеральным фракциям (с пересчетом содержаний попутных компонентов не на 100%-ное содержание минерала, а на 100%-ное извлечение металла).

По результатам изучения мономинеральных проб, концентратов и отходов обогащения составляется баланс распределения элементов в руде и продуктах ее обогащения.

Содержания и запасы рассеянных элементов могут определяться и на основе изучения корреляционных зависимостей между содержаниями основных и попутных компонентов. Результаты их изучения изображаются в виде графиков, таблиц, уравнений регрессии для элементов в основных видах мономинеральных проб или концентратов; используя их, устанавливают средние содержания попутных компонентов по выработкам, подсчетным сечениям и блокам.

Корреляционные зависимости должны выявляться на основе представительного опробования как по числу проб, так и по их распределению в пределах отдельных типов руд на месторождении.

С целью экономической оценки промышленного значения реально извлекаемых запасов попутных компонентов и разделения их по народнохозяйственному значению на балансовые и забалансовые при подсчете запасов учитываются минимальные технологически и экономически допустимые содержания редких и рассеянных элементов. Их обоснование производится по специальной методике (см. гл. 7) по уровню технико-экономических показателей извлечения элементов на заводе — потребителе оцениваемого сырья.

Минимальные технологически допустимые содержания устанавливают наименьшие пределы учета содержаний рассеянных элементов в основных извлекаемых минералах в соответствии с достигнутым современным уровнем извлечения рассеянных элементов при условии применения передовой технологии. Они определяются дифференцированно для каждого из элементов в основных перерабатываемых промышленных концентратах по уровню наименьших технологически неизбежных потерь в неиспользуемых продуктах и отходах производства [12] и показывают техническую возможность извлечения элементов.

По критерию минимального технологически допустимого содержания запасы редких и рассеянных элементов в минералах в руде разделяются на реально извлекаемые (выше технологически допустимого предела) и неизвлекаемые (ниже минимально допустимого содержания). Запасы элементов в минералах при средних содержаниях ниже технологически допустимого предела из подсчета исключаются. При изменении технологии значения минимальных технологически допустимых содержаний должны корректироваться.

Запасы рассеянных элементов в минералах, извлекаемые при существующей технологии (реально извлекаемые запасы), разделяются по критерию минимального экономически допустимого содержания на рентабельные и нерентабельные для извлечения. Для этого их средние содержания, рассчитанные на весь объем минерала в рудном теле, типе руд или месторождении в целом, сравниваются с минимальными экономически допустимыми содержаниями элементов в концентратах. При содержании элементов в минерале выше минимального экономически допустимого предела запасы целиком относятся к рентабельным, и на

весь их объем рассчитывается прибыль для учета в кондициях по основному компоненту [12].

При среднем содержании элементов ниже экономически допустимого содержания запасы считаются нерентабельными, но они подсчитываются и учитываются так же, как и рентабельные запасы. Хотя их извлечение из концентратов данного месторождения при сложившемся к моменту оценки соотношении затрат и извлекаемой ценности нерентабельно, при значительном усреднении концентратов на заводе — потребителе сырья за счет шихтовки с более богатыми по оцениваемому элементу концентратами они вполне могут перейти в группу запасов, рентабельных для извлечения.

При подсчете реально извлекаемых запасов следует учитывать возможную зональность в распределении основных и попутных компонентов, а также степень окисления первичных руд.

Квалификация запасов попутных полезных ископаемых (компонентов руд) по категориям определяется степенью их разведанности. Учитывая попутный характер добычи допускается, что степень разведанности запасов попутных компонентов может быть снижена по сравнению с категориями запасов основных компонентов. Обычно запасы попутных полезных ископаемых квалифицируются по категории C_1 , реже C_2 . В любом случае должна быть обоснована экономическая целесообразность утилизации запасов попутных полезных ископаемых (компонентов руд).

Так как для компонентов III группы характерно сложное распределение в руде и продуктах ее передела, необходимо проводить контроль подсчета их запасов. Он может быть выполнен несколькими способами путем сопоставления следующих показателей:

- 1) валовых запасов компонентов, подсчитанных по результатам анализов рядовых или групповых проб, с запасами, установленными с использованием содержаний, выявленных по валовым пробам, отобранным для контроля рядового опробования; необходимые условия такого сравнения — достаточно большое число валовых проб, равномерное их распределение по основным подсчетным единицам и месторождению в целом и, главное, регулярное и достоверное определение содержаний рассеянных элементов в валовых пробах;

- 2) валовых и реально извлекаемых запасов элементов как по основным подсчетным единицам, так и по месторождению в целом;

- 3) реально извлекаемых запасов, подсчитанных по результатам анализов мономинеральных проб, с запасами, определенными с использованием анализов продуктов обогащения технологических проб.

По каждому из концентратов возможны отклонения по содержанию рассеянных элементов по сравнению со средними их содержаниями в минералах в руде, обусловленные сложным характером распределения элементов по концентратам, однако сумма запасов, подсчитанных по продуктам обогащения, не должна превышать валовые запасы и запасы по сумме мономинеральных фракций в руде.

Глава 11. ОБОБЩАЮЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Задачи по количественному определению достигнутого и возможного для достижения уровней комплексного использования минерального сырья возникают на разных стадиях работ, начиная от разведки и оценки запасов комплексного минерального сырья и до определения суммарной экономической эффективности комплексного производства и неиспользуемых производственных резервов. Хотя характер задач меняется в зависимости от стадии работ, исходная информация должна сводиться к выявлению трех главных параметров: 1) рационального круга извлекаемых элементов; 2) показателей извлечения элементов из сырья; 3) результирующих показателей экономического эффекта.

Указанным целям наиболее полно отвечает система показателей, методическая разработка которых выполнена в системе Минцветмета СССР [8, 17]. В соответствии с указанными рекомендациями все показатели разделяются на две группы: исходные и расчетные. К группе исходных показателей относятся число, перечень, весовое количество, содержание ценных компонентов в сырье, товарной продукции, отходах, оборотных продуктах, а также неучтенные потери ценных компонентов. В группе расчетных показателей наиболее важными являются следующие: 1) степень комплексного использования сырья, т. е. число и перечень ценных компонентов, извлекаемых в товарную продукцию; 2) полнота использования сырья (извлечение ценных компонентов в реализуемые и оплачиваемые по этим компонентам виды продукции); 3) условно-обобщающие коэффициенты комплексности использования сырья (отношение стоимости извлеченных компонентов к стоимости ценных компонентов в сырье по единым ценам): фактический, потенциальный, а также их отношение [17]. К сожалению, в указанных рекомендациях вопросы оценки уровня комплексного изучения и использования минерального сырья на стадии его разведки не рассматривались.

Система перечисленных показателей была учтена впоследствии при составлении Методических рекомендаций [14] и разработке проекта отраслевого стандарта комплексного использования сырья в цветной металлургии.

Обобщающие показатели уровня комплексного использования характеризуют достигнутые и потенциально достижимые натуральные и стоимостные результаты комплексной переработки руд месторождений основных промышленных типов, которые должны учитываться при их разведке и оценке.

Задачи по оценке эффективности и уровня комплексного использования сырья меняются в зависимости от стадии работ. На стадии разведки комплексного минерального сырья главная из них — выявление круга ценных компонентов, извлечение которых технически возможно и экономически целесообразно. Ряд других компонентов в силу их низкого содержания, особенностей распределения в руде, продуктах ее передела

и по другим причинам может не учитываться при подсчете запасов и оценке месторождения.

На стадии добычи и передела сырья главное значение приобретает определение суммарного экономического эффекта и стимулирование наиболее полного извлечения элементов. Круг ценных компонентов, извлекаемых из одного и того же вида минерального сырья, может быть расширен за счет как совместной переработки (шихтовки) различных по содержанию ценных компонентов концентратов и полупродуктов и повышения качества сырья, так и извлечения компонентов по внеэкономическим соображениям — для удовлетворения потребности, очистки основных металлов, охраны окружающей среды и т. д. Поэтому на стадии разведки должны изучаться не только заведомо рентабельные для получения элементы, но и все потенциально пригодные для извлечения попутные компоненты. По всем промышленным типам месторождений, видам производства и извлекаемым компонентам должна быть обеспечена сопоставимость исходных показателей и результатов по видам перерабатываемого сырья, извлекаемым попутным компонентам, методам выявления себестоимости, оптовым ценам, а также по характеру обобщающих показателей, служащих для оценки достигнутого уровня комплексного изучения и использования сырья. Только на этой сопоставимой основе может быть рассчитан как на стадии разведки, так и на стадии переработки сырья суммарный экономический эффект от извлечения попутных компонентов, который сравнивается с вызвавшими его затратами.

Для обоснования показателей уровня комплексного использования сырья при разведке и оценке месторождений определяются следующие параметры: а) перечень ценных основных и попутных компонентов в сырье и товарной продукции; б) извлечение каждого из ценных компонентов в одноименные и разноименные товарные продукты, в которых эти компоненты оплачиваются и утилизируются; в) стоимостные показатели (себестоимость, оптовая или расчетная цена, рентабельность) для реально извлекаемых и потенциально ценных компонентов.

Важнейшую роль играет обоснование степени комплексного использования минерального сырья, которая показывает, какие ценные попутные компоненты из числа всех содержащихся в сырье могут быть рентабельно извлечены в товарные виды продукции и должны в первую очередь учитываться при разведке и оценке комплексных месторождений.

Несмотря на кажущуюся простоту показателя "степени комплексного использования сырья" его обоснование вызывает затруднения. Прежде всего оно должно осуществляться с учетом извлечения элементов не только на предприятиях цветной металлургии, но и в смежных отраслях, потребляющих минеральное сырье и продукты его переработки. Указанный анализ можно проводить с народнохозяйственных позиций только в том случае, если одноименные ценные компоненты извлекаются из одинаковых исходных видов сырья и по сходной технологии, что обеспечивает сравнимость получаемых технико-экономических показателей. В этом случае можно легко судить о лучших или преобладающих в той или иной подотрасли показателях, а также выявить и объяснить причины

формирования худших и замыкающих показателей. В действительности попутные производства (за некоторым исключением) образуют не подотрасли, а некоторые совокупности производств, использующих разные виды сырья, имеющих небольшие масштабы и применяющих уникальную технологию. Указанные причины могут обеспечивать как нормативную или сверхнормативную, так и низкую рентабельность попутного производства.

По мнению В.Н. Лексина, Н.В. Крупкина и других экономистов, низкая рентабельность или ее отсутствие при получении ряда попутных компонентов не должны быть препятствием для отнесения компонентов к группе "ценных", так как для удовлетворения народнохозяйственных потребностей при условии использования ограниченных сырьевых ресурсов общество вынуждено получать ряд продуктов по уровню замыкающих затрат [8]. Кроме того, следует иметь в виду, что цены для одноименных элементов, получаемых из разных видов сырья, не всегда верно отражают необходимый уровень издержек производства. Сказанное не означает, что при оценке месторождений должна учитываться ценность всех попутных компонентов: суммарная прибыль подсчитывается только на запасы действительно рентабельных компонентов. Остальные компоненты, как уже отмечалось, могут извлекаться по внеэкономическим соображениям или перейти в группу рентабельных для извлечения благодаря шихтовке сырья при его переделе.

Перечень ценных компонентов минерального сырья может устанавливаться как для отдельных разведываемых месторождений, так и для промышленных типов на основе анализа уровня технико-экономических показателей и экономической эффективности их извлечения из различных исходных видов сырья при существующих способах производства. Применительно к месторождению учитываются технико-экономические показатели получения попутных компонентов из разных концентратов на заводе — потребителе сырья. Для основных промышленных типов месторождений обоснование степени комплексного изучения и использования сырья проводится на основе сравнительного анализа эффективности извлечения элементов из одноименных концентратов и полупродуктов на ряде предприятий, перерабатывающих указанные концентраты. При этом в качестве лучших могут быть рекомендованы показатели, выбранные не только по уровню рентабельности, но и с учетом преобладающих объемов производства при условии применения передовой технологии.

Анализ структуры сырьевых источников получения попутных компонентов и их сравнительная экономическая оценка могут способствовать изменению структуры сырьевого обеспечения производства и повышению его общей эффективности.

Полнота извлечения ценных попутных компонентов представляет собой суммарное извлечение каждого из компонентов в товарные виды продукции, в которых они учитываются и оплачиваются. Например, для селена в медноколчеданных рудах определяется извлечение в медный, цинковый и пиритный концентраты, а из них соответственно в технический селен, ртутно-селенистый и селеновый шламы. Суммарное сквозное извлечение селена в указанные виды товарной продукции характеризует полноту его извлечения из руды.

Показатель полноты извлечения попутных компонентов Π рассчитывается по формуле:

$$\Pi = 100 \frac{\sum_{i=1}^n Q_{pi}}{\sum_{j=1}^n Q_{mj}},$$

где Q_{pi} — масса попутного компонента в i -м товарном продукте; i — число товарных продуктов, в которых учитывается и оплачивается попутный компонент; Q_{mj} — масса попутного компонента в минералах, извлекаемых из руды в товарные концентраты (для компонентов, запасы которых подсчитываются в руде, учитываются валовые запасы); j — число минералов, извлекаемых в товарные промышленные концентраты.

Полнота извлечения элементов из руд разведываемых месторождений устанавливается для компонентов II группы по результатам конкретных технологических испытаний руд, а для редких и рассеянных элементов — по уровню средних показателей заводов — потребителей оцениваемого сырья.

Для промышленных типов месторождений полнота извлечения элементов определяется, как и степень комплексного использования сырья, по уровню лучших достигнутых показателей не только в цветной металлургии, но и в смежных отраслях, перерабатывающих аналогичное сырье. Однако судить об общей эффективности комплексного использования руд того или иного промышленного типа месторождений можно только на основе применения в таких расчетах показателей извлечения и себестоимости, выбранных с учетом преобладающих объемов производства конкретного элемента при переработке одноименных концентратов. Следует учитывать и тот эффект, который оказывает извлечение попутных компонентов на экономику основного производства и охрану окружающей среды.

Показатель полноты извлечения элементов отражает величину промышленного использования реально извлекаемых из недр запасов рассеянных элементов, связанных с минералами, переходящими в основные промышленные концентраты. Экономический эффект от получения попутных компонентов подсчитывается только на реально извлекаемые и рентабельные для извлечения запасы.

Обобщающие коэффициенты комплексности являются результирующими показателями уровня комплексного использования минерального сырья. Они отражают не только степень и полноту извлечения элементов, но и экономические результаты комплексного использования сырья. В Методических указаниях Минцветмета СССР при определении указанных показателей были допущены неточности.

Во-первых, коэффициент комплексности рассматривался как "... отношение стоимости ценных компонентов в товарной продукции к стоимости их в сырье" [17]. В соответствии с приведенным определением сложилась неправильная практика расчета указанного коэффициента, когда в знаменателе показывалась ценность только тех компонентов, которые извлекаются в товарную продукцию и оплачиваются в ней. Поэтому извлечение любого нового для данного предприятия компонента и его учет часто приводили не к росту, а к снижению значения услов-

но обобщающего коэффициента комплексности [6]. Например, если коэффициент комплексности рассчитывается только исходя из соотношения ценности меди, цинка и серы, то его значение будет высоким (не ниже 0,7—0,8). При дополнительном учете ценности кадмия, индия, селена и других элементов, имеющих низкие показатели извлечения, но значительную потенциальную ценность, величина коэффициента комплексности будет уменьшаться. Вследствие этого может искажаться представление о действительном росте комплексности использования минерального сырья.

Во-вторых, при расчете фактического и потенциального коэффициентов комплексности, определяемых соответственно как "... отношение стоимости товарной продукции ... к стоимости всех ценных компонентов в сырье ..." и "... отношение стоимости полезных компонентов, извлечение которых целесообразно в ближайший перспективный период при оптимальной полноте извлечения этих компонентов, к стоимости всех ценных компонентов в сырье" [17], как в числителе, так и в знаменателе учитывалась ценность основных и попутных компонентов. При указанных способах расчетов рост (или уменьшение) извлекаемой ценности компонентов достигаются не столько за счет изменения извлекаемой ценности попутных компонентов, сколько за счет совершенствования технологии основного производства. Между тем именно увеличение доли попутных компонентов в общей ценности сырья характеризует степень, полноту и комплексность его использования.

Указанными неточностями была, вероятно, обусловлена возможность произвольной трактовки понятия коэффициентов комплексности, а в последующем были предложены "валовый", "оптимальный", "достигнутый", "экономический", "технологический" и другие коэффициенты комплексности [3], которые не имеют единой методической основы и характеризуют разные стороны процессов в комплексных производствах. Например, А.Х. Бенуни был предложен "оптимальный" коэффициент комплексности, который рассматривался как "... отношение стоимости всех компонентов сырья (по оптовым ценам), которые могли быть экономически эффективно извлечены при внедрении передовой техники и технологии, к валовой стоимости тех же компонентов в сырье (по тем же ценам)" [3]. Очевидно, что "оптимальный" коэффициент, рассчитанный рекомендуемым способом, отражал бы не столько комплексность использования сырья, сколько полноту извлечения элементов, так как он учитывает соотношение ценности только извлекаемых компонентов в товарной продукции и сырье.

Подобные же недостатки свойственны "экономическому", "технологическому" и другим коэффициентам комплексности, поэтому при обосновании показателей комплексности необходимо использовать известные методические основы [17], учитывая при расчете коэффициентов комплексности дополнения, рекомендуемые автором. Выделяются промышленный (фактически достигнутый) и потенциальный коэффициенты комплексности.

Промышленный коэффициент комплексности $K_{\text{пром}}$ представля-

ет собой отношение извлекаемой ценности запасов рентабельных для извлечения попутных компонентов, получаемых при существующем уровне технологии в промышленных масштабах, к суммарной потенциальной ценности запасов основных и попутных компонентов в руде в недрах, исчисленной по тем же оптовым ценам:

$$K_{\text{пром}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{\text{п}i} I_{\text{п}i} C_{\text{п}i}}{\sum_{i=1}^n (Q_{\text{о}i} C_{\text{о}i}) + (Q_{\text{п}i} C_{\text{п}i})},$$

где $Q_{\text{п}i}$ — запасы i -того попутного компонента в руде в недрах; $I_{\text{п}i}$ — извлечение i -того попутного компонента в товарные виды продукции; $C_{\text{п}i}$ — цена попутного компонента в товарной продукции; $Q_{\text{о}i}$ — запасы основного компонента в руде в недрах; $C_{\text{о}i}$ — цена основного компонента в товарной продукции; i — число компонентов в руде.

Извлекаемая ценность запасов попутных компонентов ($Q_{\text{п}i} \times I_{\text{п}i} C_{\text{п}i}$) определяется с учетом извлечения их во все виды товарных продуктов и концентратов, в которых они учитываются и оплачиваются. Ценность запасов основных и попутных компонентов в недрах устанавливается по оптовым ценам на конечную товарную основную и попутную продукцию.

Потенциальный коэффициент комплексности $K_{\text{пот}}$ рассчитывается как отношение потенциальной ценности запасов всех подсчитанных по отдельному месторождению или промышленному типу месторождений попутных компонентов к суммарной потенциальной ценности запасов основных и попутных компонентов. В число попутных компонентов включаются и те из них, извлечение которых нерентабельно или технология получения которых известна, но пока не применяется в промышленных масштабах (например, для рубидия и скандия в бокситах, галлия — в рудах цветных металлов, таллия — в медноколчеданных рудах и т. д.). При расчете потенциального коэффициента могут учитываться результаты опытных и лабораторных испытаний, а также достижения зарубежной технологии.

Промышленный коэффициент комплексности рассчитывается для балансовых запасов основных и попутных компонентов, а при расчете потенциального коэффициента могут приниматься во внимание и забалансовые запасы попутных компонентов без учета их извлечения.

Показатели уровня комплексного использования минерального сырья для разведываемых месторождений определяются с учетом потенциальной и извлекаемой ценности запасов основных и попутных компонентов, включая ценность пород и полезных ископаемых во вскрыше месторождений.

При расчете обобщающих показателей уровня комплексного использования минерального сырья для промышленных типов руд (табл. 8) учитывается ценность только попутных компонентов II и III групп по классификации ГКЗ СССР. Попутные полезные ископаемые I группы из-за различной степени их изученности, учета и промышленного использования в разных регионах, а также специфики разведки и оценки, опреде-

ляемой местными условиями (заявленной потребностью, ограниченной возможностью транспортировки и др.), не учитываются при обосновании указанных показателей для промышленных типов месторождений.

Количественное обоснование показателей уровня комплексного использования сырья имеет межотраслевое значение. С их помощью в цветной металлургии могут решаться задачи оперативного управления попутным производством, выявляться неиспользуемые резервы и безвозвратные потери сырья, устанавливаться возможные структурные сдвиги в производстве попутной продукции с целью повышения эффективности всего производства. В геологоразведочной отрасли главная цель обоснования указанных показателей — оперативный контроль за наиболее полным и комплексным изучением минерального сырья. Негативное значение может иметь как неполное изучение и учет всех компонентов сырья, так и необоснованное отнесение того или иного компонента к числу "ценных" при отсутствии предпосылок для его извлечения и использования.

Следует иметь в виду, что для разведываемых месторождений обобщающие показатели уровня комплексного использования сырья рассчитываются по результатам конкретных технологических испытаний с учетом стоимостных показателей извлечения элементов на заводе — потребителе сырья. Для промышленных типов месторождений результирующие показатели уровня комплексного использования руд являются показателями обобщенными. По этой причине они могут быть использованы только для ориентировочной оценки полноты изученности и учета попутных компонентов при разведке и оценке конкретных месторождений.

Отношение промышленного коэффициента к потенциальному отражает общий уровень комплексного освоения запасов попутных полезных ископаемых (компонентов) в отдельных месторождениях и их промышленных типах.

При существующей ведомственной разобщенности геологоразведочных, добывающих и перерабатывающих предприятий погашение запасов попутных компонентов в комплексных рудах производится пропорционально добыче основного компонента. Очевидно, что учет погашения запасов в недрах только по "валу" не отражает степени их фактического промышленного использования в процессах переработки комплексного сырья. Поэтому для организации действенного контроля за уровнем оценки и промышленного использования комплексного сырья необходимо совершенствовать существующие методы и формы учета запасов. С этой целью в балансах запасов следует дополнительно указывать перечень всех попутных компонентов I—III групп, запасы которых утверждены ГКЗ СССР по данному месторождению, и потенциальный коэффициент комплексности по результатам утверждения запасов (как отношение потенциальной ценности всех попутных компонентов к суммарной ценности основных и попутных компонентов в руде). Наряду с потенциальным коэффициентом комплексности в балансах необходимо приводить и фактический коэффициент комплексности, показывающий, насколько рационально используются запасы. Возможно, следовало бы отмечать и уровень других технико-экономических показателей (извле-

Таблица 8

Коэффициенты комплексности медных и свинцово-цинковых руд

Промышленный тип (подтип) месторождений	Группа попутных компонен тов	Ценные попутные компоненты	$K_{\text{пот.}}$	$K_{\text{пром.}}$	$\frac{K_{\text{пром.}}}{K_{\text{пот.}}}$
Медноколчеданный	II	Сера, свинец, висмут, ртуть, кобальт, мышьяк, барит	52,9	23,2	0,44
	III	Селен, теллур, германий, кадмий, индий, таллий	6,70	0,3	0,4
В целом по типу			59,6	23,5	0,4
Медно-порфировый (молибденово-медный)	II	Кобальт, сера, молибден, висмут	26,1	7,9	0,3
	III	Рений, теллур, селен, индий, галлий	1,1	0,1	0,06
В целом по типу			27,2	8,0	0,3
Медно-порфировый (медно-молибденовый)	II	Сера, висмут	7,7	0,02	0,03
	III	Рений, селен, теллур	9,3	2,8	0,3
В целом по типу			17,0	2,8	0,2
Колчеданно-полиметаллический	II	Висмут, сера, барит, ртуть, сурьма	18,97	13,64	0,72
	III	Кадмий, селен, теллур, индий, таллий, галлий, германий	3,38	1,35	0,40

В целом по типу			22,35	15,00	0,67
Стратиформный свинцово-цинковый	II	Медь, сера, барит, ртуть, сурьма	23,60	16,41	0,70
	III	Кадмий, селен, теллур, индий, таллий, галлий, германий	3,19	0,73	0,23
В целом по типу			26,79	17,54	0,65
Скарновый и метасоматический свинцово-цинковый	II	Медь, сера, висмут, сурьма	1,29	0,91	0,71
	III	Кадмий, селен, теллур, индий, таллий, галлий, германий	8,83	3,41	0,39
В целом по типу			10,12	4,32	0,43
Жильный свинцово-цинковый	II	Медь, сера, молибден, флюорит, висмут, олово	11,53	6,37	0,55
	III	Кадмий, селен, теллур, индий, таллий, галлий, германий	6,51	2,10	0,32
В целом по типу			18,04	8,47	0,47
Метаморфогенный свинцово-цинковый	II	Медь, сера	20,50	5,85	0,29
	III	Кадмий, селен, теллур, таллий, германий	3,73	—	—
В целом по типу			24,23	5,85	0,24

чения, разубоживания и т. д.), которые были приняты при оценке месторождения, и их фактически достигнутый уровень в период эксплуатации.

Таким образом, разработка системы показателей для оценки уровня комплексного использования сырья, совершенствование методов подсчета и оценки запасов, форм учета и контроля за рациональным использованием минерального сырья может способствовать выявлению неиспользуемых резервов комплексной переработки сырья, повышению эффективности и улучшению структуры минерально-сырьевого обеспечения производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексное использование минерального сырья представляет собой составную часть системы управления научно-техническим прогрессом в области рационального природопользования.

Современные тенденции комплексной переработки минерального сырья определяются сочетанием нескольких факторов, главные из которых — рост потребности в минерально-сырьевых ресурсах, внедрение достижений научно-технического прогресса на всех стадиях добычи и переработки сырья, повышение экономической заинтересованности предприятий-производителей в наиболее полном извлечении и использовании ценных компонентов.

Годовая добыча твердых полезных ископаемых в СССР достигла 7 млрд. т. Так как около 70 % указанного объема добывается открытым способом, то количество ежегодно извлекаемой из недр горной массы составляет 10–12 млрд. т. Согласно оценке академиков Н.В. Мельникова, А.В. Сидоренко и других известных исследователей, каждые 12–15 лет происходит удвоение добычи полезных ископаемых.

Увеличение объемов добываемой горной массы, глубины отработки запасов при одновременном снижении средних содержаний полезных компонентов в руде неуклонно ведут к росту твердых отходов производства как при добыче, так и при обогащении и переработке сырья. Поэтому утилизация всех добываемых ценных компонентов приобретает не только важное экономическое, но и природоохранное значение.

Современные научно-технические достижения в области технологии обогащения и особенно передела сырья делают возможным извлечение практически любого ценного компонента. Если в начале XX в. в цветной металлургии помимо основных компонентов получали пять–семь попутных, то в настоящее время число попутно извлекаемых элементов и их соединений увеличилось до 62. Разнообразие сырьевых источников и технологических схем получения компонентов не способствует дальнейшему росту эффективности производства. Прирост извлекаемой ценности при существующей структуре сырьевых источников и способах извлечения основных и попутных компонентов требует непропорционально больших вложений в основные фонды. Поэтому дальнейшее совершенствование попутного производства и повышение его эффективности возможно только на основе детального изучения и улучшения структуры сырьевых источников, технологических и стоимостных показателей получения каждого из компонентов, развития специализации и кооперирования.

Экономическая заинтересованность предприятий в наиболее полном извлечении ценных компонентов обусловлена общим увеличением доли стоимости товарной продукции и прибыли за счет их попутного получения, а также необходимостью снижения доли сырьевой составляющей, достигающей 70 % в себестоимости продукции цветной металлургии.

Увеличение объемов попутного производства и возрастание его экономического значения требуют обоснования системы показателей для оценки состояния и перспектив комплексного использования сырья уже на ранних стадиях геологического изучения. В этой области имеется ряд разработок методического характера. Главными из них являются группировка попутных полезных ископаемых и компонентов руд, определение принципов дифференцированной оценки их реально извлекаемых запасов и методов калькулирования затрат на получение попутной продукции в условиях комплексных производств. На этой основе разработаны методика расчета и система минимальных технологически и экономически допустимых содержаний редких и рассеянных элементов для целей подсчета реально извлекаемых запасов.

Насущной потребностью технико-экономических обоснований, обусловленной ростом объемов попутного производства и увеличением его доли в общем количестве товарной продукции и прибыли, является объективная оценка полноты изучения, учета и уровня комплексного использования минерального сырья.

В настоящее время разработана методика расчета указанных показателей и установлены их количественные значения для основных промышленных типов месторождений цветных металлов. Широкое внедрение данных показателей в практику работ по разведке, оценке и учету запасов комплексных видов сырья позволит контролировать полноту изучения и подготовленность запасов попутных полезных ископаемых для промышленного освоения. Обоснованы способы учета экономического эффекта извлечения попутных полезных ископаемых I—III групп, а также методика расчета народнохозяйственной и хозрасчетной эффективности комплексного использования минерального сырья.

Возможные пути увеличения промышленного использования попутно добываемых полезных ископаемых и компонентов руд различаются в зависимости от их принадлежности к той или иной группе по классификации ГКЗ СССР, состояния изученности и основных тенденций промышленного применения.

Для пород и полезных ископаемых во вскрыше месторождений важнейшее значение имеют создание общесоюзного учета ресурсов, систематизация сведений о возможных масштабах их попутного получения, а также специализация отдельных регионов по производству строительных материалов с учетом местных и общесоюзных потребностей.

Для компонентов II группы необходима разработка новых методов обогащения с повышением общего извлечения сульфидов в концентраты, последующей их переработкой гидрометаллургическими и другими способами с максимальным выходом металлов при переделе. Значительные резервы заключаются в широком промышленном внедрении автогенных (кивцэтного, плавки в жидкой ванне и др.) способов плавки с утилизацией тепла сгорающей серы и максимальным ее извлечением.

Для редких и рассеянных элементов необходимо развивать специализацию и кооперирование с повышением общего уровня извлечения металлов при переделе, а также широко внедрять систему показателей

для оценки запасов и контроля за уровнем их изучения и использования.

Известные к настоящему времени основные составные части системы, применяемой при разведке и оценке попутных полезных ископаемых в комплексных месторождениях, будут и в дальнейшем развиваться и совершенствоваться. Но и при достигнутом уровне разработок задача сводится к массовому и широкому внедрению в практику оценки и подсчета запасов критериев и показателей, нормированных по видам исходного сырья, извлекаемым ценным компонентам I—III групп, районам и видам основного и попутного производств. Важное значение при этом приобретает проведение оптимизационных расчетов по наиболее полному и эффективному использованию ресурсов и разработка методов оценки месторождений для группового освоения. Важной задачей является создание отраслевых стандартов в области охраны недр и комплексного использования минерального сырья.

1. Агошков М.И. Развитие идей и практики комплексного освоения недр. — Горный журнал, 1984, № 3, с. 3–6.
2. Астахов А.С. Экономическая оценка запасов полезных ископаемых. М., Недра, 1981.
3. Бенуни А.Х. Экономические вопросы комплексного использования сырья. — Цветные металлы, 1980, № 2, с. 100–103.
4. Виноградов В.Н. Промышленная оценка рассеянных элементов в комплексных рудах. М., Недра, 1972.
5. Денисов М.Н., Сечевиза А.М. Актуальные вопросы оценки и комплексного использования месторождений полезных ископаемых. — Сов. геология, 1983, № 2, с. 3–8.
6. Крупкин Н.В. Методические вопросы оценки комплексного использования сырья при переработке руд цветных металлов. — Цветные металлы, 1982, № 2, с. 111–114.
7. Ларичкин Ф.Д., Кузнецов Г.Д., Ларичкина С.Н. К вопросу об обосновании кондиций для подсчета запасов комплексного рудоминерального сырья. — Горный журнал, 1977, № 3, с. 17–19.
8. Лексин В.Н., Крупкин Н.В., Мельник Л.Г. Эффективность совершенствования производства в цветной металлургии. М., Металлургия, 1980.
9. Лексин В.Н., Токарева А.Г. Экономика комплексного использования сырья в цветной металлургии. М., Металлургия, 1976.
10. Мельников Н.В. Комплексное использование месторождений полезных ископаемых. — В кн.: Научные основы оптимизации использования месторождений полезных ископаемых и охраны недр. М., 1977, с. 34–54.
11. Мельников Н.В., Агошков М.И. Задачи научных исследований в области комплексного освоения месторождений, использования минерального сырья и охраны недр. — Комплексное использование минер. сырья, 1979, № 7, с. 3–11.
12. Методические рекомендации по обоснованию минимально допустимых содержаний рассеянных элементов в комплексных рудах цветных металлов для целей подсчета запасов /А.М. Сечевиза, Е.В. Буриков, А.А. Сергеев, О.В. Кондрашова. М., изд. ВИЭМС, 1981.
13. Методические рекомендации по геолого-экономической оценке и обоснованию кондиций для подсчета запасов рудных месторождений /А.Я. Кац, В.А. Медведев, С.Н. Регентов и др. М., изд. ВИЭМС, 1981.
14. Методические рекомендации по определению экономической эффективности комплексного использования рудного сырья /М.А. Сергеев, В.Н. Лексин, О.А. Романова и др. Свердловск, изд. УНЦ АН СССР, 1982.
15. Методические рекомендации по обоснованию показателей уровня комплексного использования минерального сырья при разведке и оценке месторождений цветных металлов /А.М. Сечевиза, Ю.И. Королев, Л.В. Боброва и др. М., изд. ВИЭМС, 1984.
16. Методические указания по обоснованию и расчету кондиций для подсчета запасов твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). М., изд. ГКЗ СССР, 1965.
17. Методические указания по определению уровня комплексного использования сырья при переработке руд и концентратов на предприятиях цветной металлургии. М., изд. ГИНЦветмет, 1974.
18. Народное хозяйство СССР в 1983 г. М., Статистика, 1984.
19. На рынке германий в США. — БИКИ, № 70, 16 июня 1984, с. 7.
20. На рынке некоторых небиржевых цветных металлов. — БИКИ, № 150, 18 декабря 1984, с. 7.
21. Повышение спроса на германий в Японии. — БИКИ, № 130, 30 октября 1984, с. 7.

22. *Положение с цезием и рубидием в капиталистических странах.* — БИКИ, № 140, 29 декабря 1981, с. 7

23. *Рыженков Н.А., Рожков В.В., Уманец В.Н.* Некоторые особенности оптимизации комплексного использования минерального сырья. — Горный журнал, 1978, № 3, с. 9—11.

24. *Сечевца А.М.* Учет затрат при оценке эффективности комплексного использования руд и обосновании кондиций. — Горный журнал, 1981, № 3, с. 31—34.

25. *Сечевца А.М.* Геолого-экономическая оценка минерального сырья для рационального и комплексного использования. М., изд. ВИЭМС, 1981.

26. *Сечевца А.М., Данилова Н.П.* Геолого-промышленная оценка пород вскрыши как попутных полезных ископаемых в месторождениях цветных металлов. М., изд. ВИЭМС, 1983.

27. *Сидоренко А.В.* Комплексное использование минеральных ресурсов — важнейшая научно-техническая проблема современности. — Вестник АН СССР, 1977, № 11, с. 86—94.

28. *Сидоренко А.В., Арбатов А.А., Мирлин Г.А.* Минеральные ресурсы: проблема обеспеченности. — В кн.: Достижения и перспективы. Изд. Междунар. Центра научной и технической информации, 1981, вып. 19 — "Природные ресурсы и окружающая среда, № 7, с. 12—27.

29. *Снурников А.П.* Комплексное использование сырья в цветной металлургии. М., Металлургия, 1977.

30. *Терновой В.И.* Основы геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых. Л., изд. ЛГИ, 1979.

31. *Требования к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов.* М., изд. ГКЗ СССР, 1982.

32. *Шалмина Г.Г., Тегичева С.Д., Ботвинников В.И.* Методические рекомендации по промышленно-экономической оценке поликомпонентного минерального сырья. Новосибирск, изд. СНИИГГИМС, 1977.

33. *Cadmium.* Mining Ann. Rev., 1983, p. 93.

34. *Indium.* — Mining Ann. Rev., 1983, p. 95.

35. *Non-ferrous primary metals.* — Met. Bull., 1984, January 31, 6858, p. 33.

36. *Non-ferrous primary metals.* — Met. Bull., 1984, May 25, p. 43.

37. *Non-ferrous primary metals.* — Met. Bull., 1984, November 20, 6939, p. 33.

38. *Rhenium.* — Mining Ann. Rev., 1980, p. 111.

39. *Rhenium.* — Mining Ann. Rev., 1983, p. 95—96.

40. *Selenium, Tellurium.* — Mining Ann. Rev., 1983, p. 96.

Предисловие	3
Минерально-сырьевые ресурсы попутных полезных ископаемых	7
Глава 1. Рациональное и комплексное использование сырья, понятие попутных полезных ископаемых.	7
Глава 2. Геолого-экономические предпосылки комплексного использования минерального сырья и современные тенденции их реализации	14
Глава 3. Группировка попутных полезных ископаемых и их сырьевые источники	25
Особенности изучения и оценки попутных полезных ископаемых	38
Глава 4. Комплексное изучение качества попутных полезных ископаемых при разведке месторождений.	39
Глава 5. Учет технологических особенностей извлечения попутных полезных ископаемых	51
Глава 6. Принципы и показатели оценки попутных полезных ископаемых	64
Геолого-экономическое обоснование подсчета запасов попутных полезных ископаемых	73
Глава 7. Кондиции для оценки комплексных руд	74
Глава 8. Калькулирование затрат на получение попутных компонентов	87
Глава 9. Учет экономического эффекта и обоснование эффективности комплексного использования сырья	97
Глава 10. Методические вопросы подсчета запасов попутных полезных ископаемых	105
Глава 11. Обобщающие показатели для оценки уровня комплексного изучения и использования минерального сырья.	113
Заключение.	123
Список литературы	126

55 коп.

5
—
79/7

2/55

63/11

НЕДРА