

**В. И. ЗВЕРЬКОВ**

---

---

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ  
ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУД  
РЕЗКО РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА**

**Красноярск, 1976**

---

**УДК 622.272 : 65.011.46**

**Эффективность методов подземной разработки  
месторождений руд резко различного качества.  
Зверьков В. И., 1976.**

В брошюре в краткой форме изложены производственный опыт и результаты исследований разработки месторождений руд резко различного качества подземным способом. Рассмотрены конструктивные и технологические особенности методов разработки таких месторождений. Предложены новые варианты систем разработки и общая методика выбора эффективных методов эксплуатации месторождений, представленных рудами резко различного качества.

Брошюра рекомендуется проектировщикам, работникам производства, а также может быть полезна преподавателям и студентам горных вузов.

Таблиц 6, иллюстраций 8.

0372—205  
ε М147(03)—76 65—76

©Красноярское книжное издательство, 1976 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Под влиянием экономической реформы последние 10 лет при подземном способе разработки реализуется важная экономическая тенденция повышения качества добываемых руд за счет технического перевооружения рудников и применения новых технологических схем эксплуатации рудных месторождений.

В десятой пятилетке (1976—1980 гг.) эта тенденция будет усиlena для дальнейшего повышения эффективности горнорудной промышленности.

Одним из эффективных путей обеспечения высокого качества товарных руд является оптимальный порядок разработки месторождений, если учесть, что при их разведке и эксплуатации во многих случаях удается выделить участки богатых руд, залегающие внутри бедных руд или на контакте с ними.

Сырьевая база цветной металлургии характеризуется наличием многих месторождений, представленных рудами резко различного качества. Эта особенность в условиях расширенного воспроизводства разведенных запасов должна правильно учитываться как при оценке месторождений и проектировании рудников, так и в оперативном управлении горными работами.

В отечественной и мировой горнорудной практике накоплен большой фактический материал по разработке месторождений руд резко различного качества. До сих пор этот материал не был обобщен и проанализирован, литературы по этому вопросу очень мало.

В предлагаемой брошюре приведен анализ практики отечественных и зарубежных рудников, дана классификация методов подземной разработки месторождений руд резко различного качества. Автором предложены и

испытаны в производственных условиях конструктивные и технологические решения, направленные на повышение эффективности подземного способа разработки руд. Для выбора оптимального порядка разработки месторождения при геологопромышленной оценке и при проектировании рудника рекомендована методика технико-экономических расчетов, учитывающая такие показатели, как приведенную прибыль, эффективность капитальных вложений, полноту и комплексность использования запасов минерального сырья.

## ОПЫТ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУД РЕЗКО РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА

К месторождениям руд резко различного качества относятся такие геологические тела или группы близко расположенных тел, в пределах которых могут быть выделены более или менее крупные участки (иногда тела) природно богатых типов руд, пригодные для раздельной одновременной или опережающей отработки. Примеры таких месторождений многочисленны. Важными характеристиками их являются: масштаб запасов руд, количество природных типов или промышленных сортов руд, соотношение запасов богатых и бедных руд и их взаимное положение, форма и размеры компактных участков руд высокого качества.

Качество руды характеризуется величиной модуля качества руды  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{\varepsilon c}{c_{\min}} ; \quad \lambda = \frac{V}{V_{0\min}}, \quad (1)$$

где  $c$  — содержание металла в массиве руды (блока, участка, рудного тела), % или г/т;

$\varepsilon$  — общее извлечение металла из этой руды, доли ед.;

$c_{\min}$  — минимальное промышленное содержание металла в руде данного месторождения, % или г/т;

$V$  — извлекаемая ценность 1 т неразубоженной добываемой руды (из блока, участка, рудного тела), руб/т;

$V_{0\min}$  — минимальная промышленная ценность 1 т руды данного месторождения, руб/т.

Неравномерность распределения содержания извлекаемых металлов в различных типах руд месторождения целесообразно характеризовать с помощью индекса контрастности качества руды  $i_k$ :

$$i_k = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}; \quad i_k = \frac{\varepsilon_1 c_1}{\varepsilon_2 c_2}; \quad i_k = \frac{V_1}{V_2}, \quad (2)$$

где  $\lambda_1$  — модуль качества богатой руды;

$\lambda_2$  — модуль качества бедной руды;

$c_1, c_2$  — содержание металла в богатой и в бедной руде;

$V_1, V_2$  — извлекаемая ценность 1 т соответственно богатой и бедной руды.

Для месторождений руд резко различного качества  $i_k \geq 1,15$ .

Различие богатых и бедных руд в месторождении осуществляется на основе единого реального показателя — ценности, измеряемой количественно. Более ценная руда есть в то же время более богатая, а более богатая означает более ценную. Условно будем называть богатой такую руду в месторождении, которую возможно оценить, добыть и переработать отдельно, значительно удешевляя производство полезных компонентов. Рассмотрим несколько примеров.

Месторождение Норильск-1. Сульфидная медно-никелевая минерализация представлена в основном вкрапленниками в габбро-диабазах. Площадь рудносной интрузии превышает 15 км<sup>2</sup>. Мощность рудной залежи колеблется в пределах от 10 до 30—35 м, угол падения до 18°. Главная особенность месторождения состоит в том, что под мощной толщей вкрапленных руд отдельными полями значительных размеров встречены богатейшие сплошные сульфидные («жильные») руды, содержание металлов в которых иногда в 15—20 раз выше содержания во вкрапленных рудах (индекс контрастности). Мощность сплошных сульфидных руд достигала 8 м и более. Богатые жильные руды в общем балансе запасов руды месторождения Норильск-1 составляли не более 3%, однако роль их в производстве металлов на Норильском комбинате до начала разработки Талнахского месторождения была исключительно высока. На рис. 1 показан график изменения содержаний металлов по мощности рудной залежи.

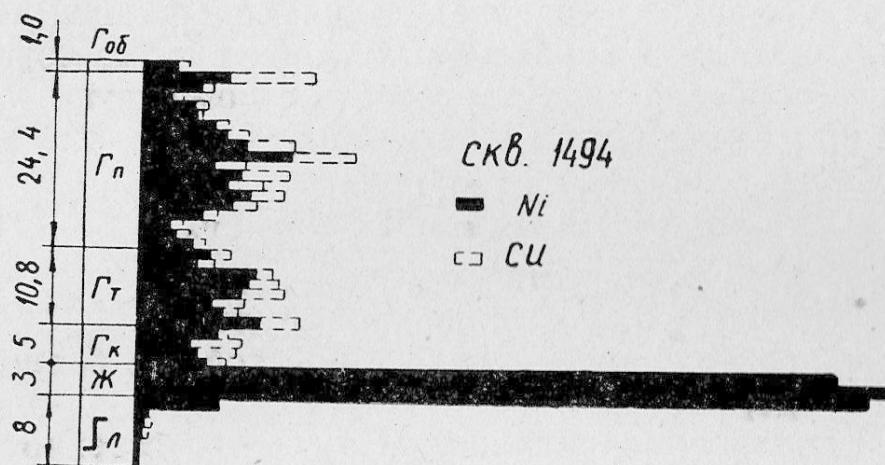


Рис. 1. Месторождение Норильск-1. График изменения содержания меди и никеля по мощности рудного тела.  $\Gamma_{об}$ ,  $\Gamma_p$ ,  $\Gamma_t$ ,  $\Gamma_k$  — габбро, соответственно, оливино-биотитовые, пикритовые, такситовые, контактные; Ж — сплошная сульфидная («жильная») руда;  $\Gamma_l$  — лабрадоровый порфириит

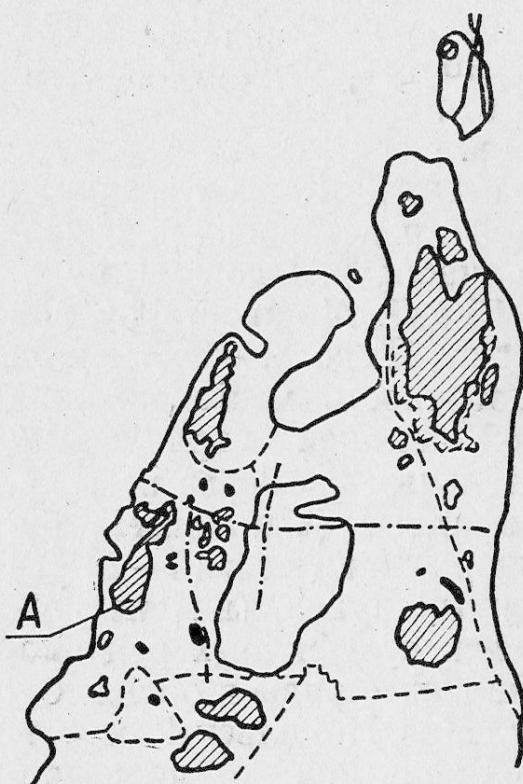


Рис. 2. Схематический план распределения полей богатых руд на месторождении Норильск-1. А — Южное жильное поле

Все известные жильные поля на месторождении Норильск-1 (рис. 2) отработаны с опережением на 10—25 лет относительно вкрапленных руд. Но возможность обнаружения новых скоплений богатых руд при доразведке глубоких горизонтов интрузии Норильск-1 сохраняется и теперь. На месторождении Норильск-1 опережающую выемку богатых руд вели на рудниках № 1, 2, 3/6 («Таймырский»), 7-бис и 8 (последние два входят в рудник «Заполярный»). Основной системой разработки была камерно-столбовая с изолированными и ленточными целиками.

Талнахский рудный узел. В настоящее время основу сырьевой базы Норильского горно-металлургического комбината составляют богатые руды Талнахского и Октябрьского месторождений. Резкое изменение качественной структуры потребляемых руд позволило комбинату в короткие сроки в несколько раз увеличить производство металлов и дать стране прибыль, измеряющую в миллиардах рублей.

Месторождения Талнахского рудного узла характерны наличием трех резко различных по качеству типов руд:

вкрапленные, составляющие 75% запасов;  
сплошные сульфидные — 10% запасов;  
«медиистые» — до 15% запасов.

Наибольшую ценность представляют сплошные руды, которые концентрируются по нижнему контакту интрузии или вблизи него, образуя пологозалегающие пласто- и линзообразные залежи мощностью до 40—50 м.

«Медиистые» руды находятся и выше и ниже залежей сплошных руд, а на глубоких горизонтах зафиксированы в значительных количествах выше рудоносной интрузии.

Вкрапленные руды в интрузии развиты выше сплошных, образуя крупные пологопадающие линзообразные тела мощностью до 90 м. По сравнению с месторождением Норильск-1, Талнахское и Октябрьское месторождения отличаются более сложными условиями эксплуатации, из которых прежде всего следует отметить сильную нарушенность руд и пород тектоническими процессами, интенсивную трещиноватость, большую глубину распространения, сложную гидрологию и газоносность пород, склонность богатых руд к самовозгоранию, большую мощность и богатых и вкрапленных руд. Падение в основном пологое, на участках выклинивания угол падения достигает 25—30°. Гипсометрия почвы и кровли богатых руд довольно сложная, гипсометрический градиент колеблется от 0,03 до 0,74 (Колегов, 1970).

Богатые рудные тела Талнахского узла развиты на значительных площадях и залегают на глубине от 200 до 1500 м. Запасы богатых руд, например, на Талнахском месторождении, содержат более половины массы металлов, которые могут быть получены из всех типов руд этого месторождения.

Замечательны темпы освоения месторождений Тал-

нахского рудного узла. Талнахское месторождение было открыто в 1959—1960 гг., а в 1962 г. уже было предъявлено к сдаче в эксплуатацию. В 1966 г. вступил в строй рудник «Маяк», в 1971 г. — рудник «Комсомольский». В 1974 г. введен в эксплуатацию рудник «Октябрьский». Строится рудник «Таймырский», проектируются и будут еще построены новые крупные рудники. Все эти рудники ведут и будут вести в обозримый период опережающую выемку богатых руд камерно-целиковыми и слоевыми системами с твердеющей закладкой с использованием мощного самоходного дизельного оборудования.

Тишинское месторождение представлено мощными крутопадающими рудными телами линзообразной формы. Основная масса металлов (свинец, цинк, медь, серебро) сосредоточена в Главном рудном теле Основной залежи. Выделяется два типа сульфидных руд: богатые и бедные, характеризующиеся резким различием в содержании металлов. В богатых рудах суммарное содержание свинца, цинка и меди достигает 25—26%, в бедных оно снижается до 6,7%, в том числе по свинцу более чем в 2 раза, по цинку в 6 раз и меди более чем в 5 раз. Богатые руды в контурах подземного рудника составляют 40—50% всех запасов. Верхняя часть месторождения отрабатывается карьером, который будет существовать до 1980 г. На подземном руднике, который начал добычу руды в 1970 г., применяется камерно-целиковая система разработки с твердеющей (бетонной) закладкой. Крепость богатых руд по М. М. Протодьяконову 8—12, вкрапленных 4—6. Горный массив интенсивно разбит трещинами, много разломов, перемятых зон.

Тасеевское месторождение (комбинат «Балейзолото») представлено мощной полосой оруденения, в пределах которой обнаружены около 50 жильных тел, сгруппированных в 7 рудных зон.

Рудные тела Тасеевского месторождения представляют собой в основном трещиноватые жилы выполнения, залегающие в конгломерато-песчаниковой толще и конгломератах. Многие жилы ветвятся, имеют разрывы по простирианию и падению при амплитуде сброса и сдвига до 20 м. Мощность кварцевых жил колеблется от 0,3 до 3,5 м, средняя 1,6 м. Промышленная минерализация наблюдается не только в жильных телах, но и во вмещаю-

щих породах в виде зон оруденения мощностью от 2 до 40 м. Угол падения рудных тел колеблется от 35 до 70°, преобладают крутопадающие рудные тела с углом падения 60—70°. Руды и вмещающие породы в целом устойчивые. Допустимы обнажения висячего бока 760 м<sup>2</sup>, потолочин — до 340 м<sup>2</sup>. Крепость руды и вмещающих пород 8—12. Объемный вес 2,4 т/м<sup>3</sup>. Вмещающие породы (конгломераты) под воздействием влажной рудничной атмосферы распадаются, образуя глиноподобную массу, склонную к слеживанию.

Содержание золота в кварцевых жилах иногда в 100—200 раз выше, чем в оруденелых зонах. Запасы богатых руд по объему составляют 7% от общих запасов руды в месторождении, но в них содержится более половины металла. Отработка месторождения производится в две очереди: в первую вынимаются жилы, во вторую — околожильные рудные зоны.

Зыряновский свинцово-цинковый комбинат разрабатывает Зыряновское, Греховское и Александровское месторождения, на которых выделяются различные геологопромышленные типы руд: свинцово-цинковые, медно-цинковые и медно-свинцовые.

Зыряновское месторождение представлено мощной рудоносной толщей (длина по простиранию более 3250 м), в пределах которой выделено 8 промышленных зон с повышенным полиметаллическим оруденением: Заводская залежь, Маслянская, Северная, Внутренняя, Южная, Северо-Восточная, Юго-Восточная зоны и Правоберезовская рудная линза. В контурах подземных горных работ окисленных руд практически нет (менее 1%), а первичные сульфидные руды представлены двумя резко различными по качеству типами: богатыми (это сплошные сульфидные руды с суммарным содержанием свинца, цинка и меди более 15% и объемным весом 3,3 т/м<sup>3</sup>) и вкрапленными рудами, которые локально связаны с телами сплошных сульфидных руд, сопровождая их со стороны лежачего бока.

Объемный вес вкрапленных руд 2,8 т/м<sup>3</sup>. Вкрапленные руды составляют около 80% общих запасов месторождения. Морфология богатых рудных тел сложна. В частности, выделяют: 1) сравнительно крупные сложные линзообразные и жилообразные тела с изменчивой мощностью, раздувами и пережимами, с апофизами и

разветвлениями и 2) небольшой величины (до первых десятков метров) линзовидные и гнездообразные тела, залегающие внутри вкрапленных руд.

Форма рудных тел с убогой вкрапленностью часто вытянутая, линзообразная, сложная за счет разветвлений и изгибов контуров, наличия рудных апофиз и включений пустых пород и забалансовых руд. Размеры таких рудных тел колеблются в широких пределах: от небольших линз до крупных рудных тел длиной по простиранию в сотни метров и мощностью до 100 м.

В отличие от руд Зыряновского и Греховского месторождений, в которых ведущими металлами являются свинец и цинк, а содержание меди очень низкое, руды Александровского месторождения относятся к медно-цинково-свинцовым, причем содержание меди в 5—20 раз больше, чем в рудах Зыряновского и Греховского месторождений. Однако доля руд Александровского месторождения в общей добыче не превышает 1,5—2,0 %, поэтому перемешивание их с остальной частью добываемой на комбинате рудной массы незначительно оказывается на повышении содержания меди в смеси и приводит лишь к безвозвратным потерям богатых медью руд.

Лениногорским комбинатом эксплуатируется Риддер-Сокольное месторождение, представленное в основном свинцово-цинковыми и медно-цинковыми рудами, которые образуют либо обособленные рудные тела, либо залегают в непосредственном контакте. Содержание меди в медно-цинковых рудах в 9,5 раза выше, чем в свинцово-цинковых. С другой стороны, в свинцово-цинковых рудах содержание свинца и цинка (в сумме) почти в 2,5 раза выше, чем в медно-цинковых рудах.

Смешивание этих двух типов руды привело бы к взаимному разубоживанию, из двух сравнительно богатых типов руды получится бедная смесь. Поэтому руды указанных типов добывают и перерабатывают раздельно.

Тела сплошных метасоматических сульфидных руд 1-й Риддерской залежи достигали по мощности 40 м (обычная их мощность 0,5—10 м) при длине и ширине в десятки метров и имели обычно слабонаклонное залегание. Содержание рудных минералов (сфалерит, га-

ленит, халькопирит, пирит, тетраэдрит, калаверит, арсенопирит, стефанит) в сплошных сульфидных рудах составляло от 30 до 95%, т. е. к сплошным сульфидным рудам относили также богатые вкрапленные руды типа замещения, которые не имеют четких геологических контуров, а постепенно переходят в рядовые вкрапленные руды. По богатым рудам на Иннокентьевской линзе была отработана камера «Гигант»: длина 120 м, ширина 80 м и высота около 30 м. Это свидетельствует о большой устойчивости горного массива.

Богатые и бедные руды отмечены в запасах Салаирского рудоуправления (месторождения Третий рудник и Кварцитовая сопка), Николаевского (Приморье), Миргалимсайского, Горевского, Филизчайского, Кадамджайского, Озерного, Первомайского и многих других месторождений.

Многочисленную группу составляют месторождения сложного и очень сложного морфологического строения с резко изменчивой мощностью рудных тел, условно объединяемых при подсчете запасов в рудные зоны, с прерывистым оруденением, без четких геологических границ, с резко изменчивым рудонасыщением по простиранию и падению. Кроме чрезвычайной сложности морфологического строения, таким месторождениям обязательно свойственно резко неравномерное распределение полезного компонента в рудном материале (в жильной породе). К этому типу месторождений относятся многие золотые, урановые, платиновые, ртутные, слюдяные, алмазные и редкометальные месторождения, а также некоторые месторождения цветных металлов. Их отличительный признак заключается в том, что богатые руды в виде мелких жил, линз, гнезд, шлиров рассеяны в продуктивной зоне, имеющей в целом невысокое содержание полезного компонента.

Статистическими анализами установлено, что в этих месторождениях обычно 5—10% рудного материала содержат 70—80% и более всех запасов полезного компонента, но эти богатые и весьма богатые руды обычно незакономерно распределены в общей массе руд.

При подсчете запасов, а также для общей характеристики условно выделяемых рудных зон («рудных тел») на рассматриваемых месторождениях пользуются понятием коэффициент рудоносности, под кото-

рым понимается отношение объема промышленной руды к общему оконтуренному объему зоны. Поскольку для непосредственного измерения доступны лишь площади (на геологических разрезах, на зарисовках, на фотоснимках), то определяемый площадной коэффициент рудоносности приравнивается объемному, используемому в геологических, технических и экономических расчетах. Кроме понятия коэффициент рудоносности, в том же значении иногда используются такие термины, как «коэффициент оруденения», «коэффициент окварцевания», «коэффициент кварценосности», «коэффициент ослюденения» и др.

Проектирование и планирование разработки сложных месторождений затруднено низкой достоверностью сведений о количестве и качестве запасов, а также об их пространственном положении. Детальная разведка таких месторождений трудоемка и малоэффективна. Как правило, очистные работы ведутся в блоках с запасами категории С<sub>1</sub> и даже С<sub>2</sub>. Геометризация таких месторождений на высоком уровне (уровне эксплуатационных блоков) часто невозможна.

Ярким примером очень сложного типа месторождений является Советское золоторудное месторождение в Красноярском крае. На этом месторождении известны 7 рудных зон, причем под рудной зоной здесь понимается весьма условное объединение структурно и морфологически соединенных, сближенных кварцевых жильных тел. Падение рудных зон крутое (80—90°), мощность их до 20—30 м, склонение юго-восточное под углом около 60° (рис. 3).

Строгих и четких контактов, ограничивающих жильные участки как по простирианию, так и вкрест простириания, нет.

Петрографический состав месторождения весьма беден: вмещающей толщей являются филлитизированные глинистые сланцы, жильной породой — кварц (95% и более всего объема жильного выполнения). Рудные минералы представлены пиритом, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, пирротином, халькопиритом, марказитом и золотом.

Коэффициент рудоносности колеблется в пределах от 0,10—0,15 до 0,70—0,75. Средний для месторождения коэффициент рудоносности принят 0,38.

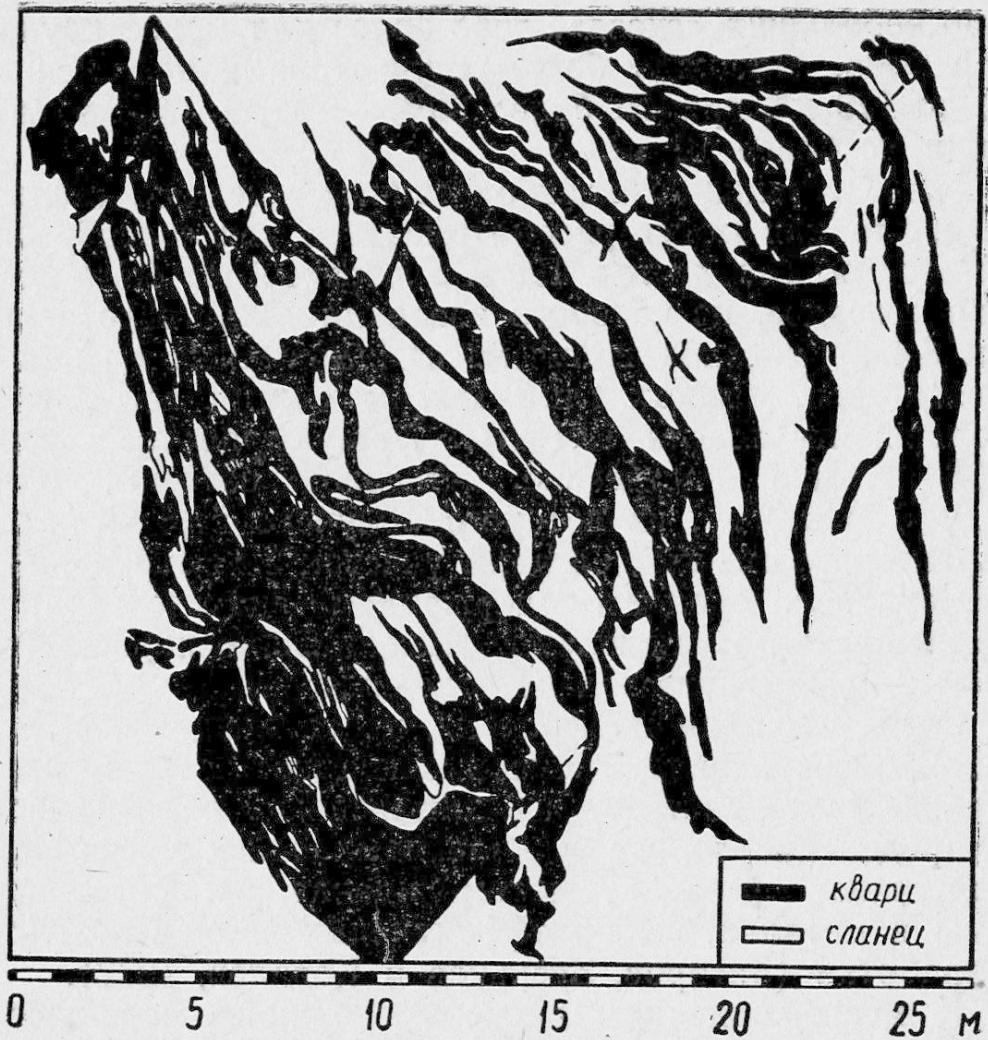


Рис. 3. Месторождение Советское. Морфология кварцевых жильных тел (стенка камеры 80—1)

Выполненный Н. В. Стакеевым и В. Д. Загнайко, а затем Ю. А. Кудрявцевым (Кудрявцев, 1972) статистический анализ почти 125 тыс. проб показал, что 70—75% жильной массы месторождения характеризуются содержанием золота ниже промышленного минимума и заключают в себе не более 10% имеющегося в месторождении металла. Более половины золота сосредоточено в очень богатых рудах, объем которых не превышает 2% общего количества жильной массы. Таким образом, в целом золотоносность месторождения характеризуется сочетанием фона бедных руд (0,5—2,0 г/т) и незакономерно расположенных в них участков повышенной и очень высокой (до 5000 г/т и более) концентрации золота. Участки богатых руд имеют форму

либо небольших «гнезд», либо более или менее крупных «столбов». Площадь богатых участков колеблется от 0,2 до 120 м<sup>2</sup>, причем более 80% богатых «гнезд» в сечении не более 10 м<sup>2</sup>.

Концентрация золота в отдельных «гнездах» столь велика, что они могут рассматриваться как своеобразные самородки. Так, на гор. 190 м в штреке 9 юв было встречено «гнездо», из которого извлекли 14 кг золота, причем 8,4 кг металла получено из вынесенных из забоя в брезентовых мешках глыб кварца общим весом 64 кг (содержание золота 13,1%!). При отработке целика 1033—2 было встречено «гнездо» объемом 0,2 м<sup>3</sup> (0,8×0,5×0,5 м), из которого получено 27,6 кг золота. Характерно, что этот богатый участок был окружен бедной рудой со средним содержанием значительно ниже промышленного минимума. Вмещающие породы (глинистые сланцы) золота не содержат.

Очень сложная морфология, проявляющаяся в беспорядочном чередовании сложных кварцевых жильных тел и сланцевых участков, и исключительно неравномерное распределение золота в кварцевых телах чрезвычайно затрудняют разведку месторождения, подсчет запасов руды и металла, выбор эффективных вариантов систем разработки (Загиров, Зверьков и Ковалев, 1972).

К месторождениям с очень сложной морфологией рудных тел и резко неравномерным качеством запасов относится также крупное Березовское золоторудное месторождение (Урал), представленное дайками гранит-порфиров, вмещающими лестничные весьма тонкие кварцево-сульфидные жилы. Эти жилы и составляют основную ценность месторождения. По объему они занимают лишь 7% общей массы промышленных участков даек, а по количеству металла — 70%.

При подсчете запасов весьма сложных месторождений (Советское, Березовское и др.) распространена серьезная методическая ошибка, порожденная стремлением получить «рудные тела» со спрятанными контурами и побольше насчитать балансовых запасов за счет включения прилегающих объемов убогих (непромышленных) руд или пустых пород (до 60—90%). Практикуемые подсчеты запасов «на выемочную мощность», «на массу» обесценивают руды месторождения, создают ложную картину обеспеченности запасами, искажают

учет потерь. Например, на шахте «Южная» (Березовский рудник) учитываемые потери руды составляют 40—45%, потери золота 25—28%. На поверку, однако, выходит, что эти цифры относятся к некондиционным рудам. Включение в запасы неизвлекаемого полезного компонента не улучшает сырьевую базу предприятия и отрасли, а только ухудшает ее использование, так как немилые законы экономики и ограниченные пока еще возможности технологии неизбежно заставят оставить такие запасы в недрах при разработке или потерять в хвостах переработки. Но при этом возникают настоящие потери высокоценных руд в недрах и потери металла от дополнительного сноса в хвосты.

Крайне неравномерным распределением металла в рудных участках отличаются урановые месторождения (Попов и Лобанов, 1970; Чесноков и Петров, 1972).

Г. Н. Попов и Д. П. Лобанов правильно отмечают, что именно вследствие чрезвычайной сложности морфологического строения месторождений и резко неравномерного распределения полезного компонента «...в практике разработки месторождений урановых руд вопросы разведки и разработки необходимо решать комплексно, в частности разведку необходимо увязывать с требованиями последующей эксплуатации, а разработку — с возможностями разведки. Работники, занятые в эксплуатации, должны хорошо знать геологию, разведку, а к работникам геологической службы предъявляются требования знаний основных положений эксплуатации» (Попов и Лобанов, 1970, стр. 34).

Это положение справедливо также в отношении разведки и разработки других сложных рудных месторождений, например, золотых.

В горнорудной промышленности передовых капиталистических и развивающихся стран очень большое внимание уделяется обеспечению высокого качества добываемых руд. В первую очередь в отработку вовлекают более богатые рудные тела и участки. В США и Канаде, например, есть много случаев, когда при наличии на руднике вскрытых запасов на многие годы проходят глубокие стволы и вскрывают новые этажи запасов, содержание металлов в которых всего лишь на 15% выше, чем в вышележащих (Цветная металлургия США. М., изд. ЦИИНЦветмета, 1972).

В США качество добываемых руд находится в центре технической политики как в настоящее время, так и при оценке перспектив развития технологии горных работ. Например, на руднике «Клаймакс» учитываемые запасы в главном рудном теле составляют 380 млн. т при среднем содержании молибдена 0,21 %. Однако сейчас промышленными считают руды с содержанием молибдена 0,4 %. И хотя применяют систему этажного самообрушения, блоки в эксплуатацию вводят выборочно с учетом качества руды. То же самое можно сказать о руднике «Сан Мануэль» (Каплунов, 1966) и других крупных рудниках США.

Особенно широкое распространение за рубежом с конца 50-х годов получили слоевые системы разработки с поддержанием выработанного пространства твердеющей и гидравлической закладкой в основном хвостами обогатительных фабрик и шлаками металлургического производства. Все процессы очистной выемки при этом механизированы на основе комплексного применения пневмоколесных самоходных машин. Количество гусеничных самоходных машин с нагребающими лапами и экскаваторов в последние годы резко сократилось. Более 80 % добываемой руды на подземных рудниках цветной металлургии США и Канады грузится и транспортируется погрузочно-доставочными машинами. Все машины на пневмошинном ходу с дизельным приводом, за исключением некоторых типов машин фирмы «Эймко».

На урановом руднике «Кендрик Бэй» (США, Аляска) при среднем содержании окиси урана 1 % встречаются линзообразные расширения жилы мощностью до 15 м с содержанием окиси урана до 3 %. Такие участки отрабатываются с опережением системой подэтажных штреков.

Есть примеры раздельного извлечения исключительно богатых «урановых баобабов» — столбиков урановой руды, образовавшейся на месте доисторических баобабов, хорошо сорбировавших уран (Губарев, 1968); применяются системы разработки с каротажем и выборочной выемкой рудных линз и богатых гнезд из подэтажных штреков или восстающих с последующей закладкой. При этом каротажными шпурами производится выбраковка (погашение) непродуктивных площадей очистных блоков.

На глубоком урановом руднике Пришибрам в ЧССР применяется система разработки с каротажем из штейгортов с выборочной выемкой рудных линз. На урановых рудниках, разрабатывающих жильные месторождения, освоены специальные технологические приемы выемки руды, учитывающие сложную морфологию рудных образований, прерывистость оруденения и весьма высокую хрупкость настурана (Чесноков и Петросов, 1972).

В медной промышленности США основное значение имеют бедные меднопорфировые руды, содержащие также молибден, серебро, золото и другие компоненты. Открытым способом добывают более 80% медных руд. Однако в последние годы стали больше уделять внимания освоению небольших, но богатых месторождений, на которых встречены руды с содержанием меди до 7%. Найдены и разрабатываются пластообразные месторождения самородной меди (рудники «Уайт-Пайн», «Чемпион» и др.). Отдельные месторождения этого типа не велики, но суммарные запасы меди в них оцениваются в 5 млн. т (металла), а ежегодная добыча достигает 40—50 тыс. т.

Выявление богатых руд и их интенсивная отработка наблюдаются также в свинцово-цинковой промышленности США. Значительным источником свинца и цинка стали периферийные участки медного месторождения Бингем (штат Юта), в которых содержание достигает 8—12% свинца, 5% цинка, содержатся также серебро и золото. Высоким содержанием отличаются месторождения Тинтик и Парк-Сити: 15% свинца, 11% цинка. За счет изменения структуры качества добываемых руд в США достигнут опережающий рост производства металла по сравнению с ростом добычи руд. Добыча руд выросла на 21%, а рост добычи металла в руде составлял: свинца 48,7% и цинка 21,7%. В 1968 г., например, было добыто 16,7 млн. т руды с содержанием 2,03% свинца и 3,17% цинка (Цветная металлургия США. М., изд. ЦИИНЦветмета, 1972).

Большой интерес представляют достижения на свинцово-цинковом руднике «Бункер Хилл» (США, Айдахо). В сложных условиях (очень сложная морфология рудных тел, наличие сбросов и сдвигов, обусловивших недостаточную устойчивость горного массива, высокогорье и др.) принята, может быть, единственная правильная сло-

евая система разработки с закладкой с оставлением в шахматном порядке целиков размерами  $3 \times 3$  м. Вместо ранее использовавшихся скреперных лебедок на уборке и доставке руды теперь применяют только Т2Ж и Каво 310. В результате увеличения числа погрузочно-доставочных машин с 5 до 15 (производительность рудника 1700 т/сутки) производительность труда по руднику возросла с 4,3 (в 1967 г.) до 5 т/чел.-смену (1970 г.). Несмотря на самую высокую в США себестоимость добычи руды (22,2 долл/т), рудник работает рентабельно, цеховая прибыль составляет 3,2 долл/т. Содержание в добываемой руде (5,77% свинца; 5,45% цинка и 115 г/т серебра) выше, чем в подсчитанных на массу (на выемочную мощность) запасах (Цветная металлургия США. М., изд. ЦИИНЦветмета, 1972).

Рудники «Крейтон», «Бьютт» (Канада, Седбери) отрабатывают залежи типа Маслянской (Зыряновское месторождение) с предварительным извлечением богатых сульфидных руд. После отработки богатых руд перешли на добычу бедных руд системой этажного самообрушения (Каплунов, 1966).

На руднике «Сулливан» (Канада) месторождение представлено наклонным рудным телом с переменным углом падения (в среднем около  $30^\circ$ ) и мощностью 15—61 м. Содержание свинца и цинка в руде составляет 11—12%, кроме того, руда содержит золото, серебро, кадмий, висмут, железо и олово. На верхних горизонтах (1400—1450 м) велась выборочная отработка богатых руд. Очистные работы на новых горизонтах ведут прежде всего на наиболее богатых рудных участках комбинированной камерно-целиковой системой разработки (ширина камер 15 м, длина 51 м). Отработанные камеры закладывают хвостами обогащения, содержащими 5% сульфидов, что способствует быстрому твердению закладки в сплошной массив, обеспечивающий надежное поддержание очистного пространства при отработке целиков (North. Miner, 1963, 49, № 31, pp. 1—5).

Фирма Лисбон Ураниум Корпорейшн в 50-х годах разрабатывала подземным способом крупнейшие богатые месторождения в Большом Индиане (Канада). При среднем содержании в добываемой руде окиси урана 0,7% участки богатой руды с содержанием окиси урана до 20% отрабатывались отдельно, с опережением, и такая

руды направлялась прямо на обогатительную фабрику.

Последние 15 лет основным направлением технического развития горнорудной промышленности Канады было совершенствование систем подземной разработки на базе конструирования и применения производительных механизмов и оборудования для бурения, погрузки, транспортирования и сортировки руды, а также исследование и производство дешевых эффективных ВВ. Очень много внимания уделено внедрению слоевых систем разработки с гидравлической закладкой — уплотненной и твердеющей. В 1969 г. в Канаде расход портландцемента на приготовление гидрозакладки составил 200 тыс. т, а расход штанг в очистных забоях достиг 6 млн. штук (Canadian Mining Journal, 1971, № 7, pp. 30—37).

В Африке компании, разрабатывающие рудные месторождения Медного пояса, золото-урановые месторождения Витватерсранда и другие, относят к кондиционным рудам только те, которые приносят значительные прибыли при существующих методах добычи и переработки руд. На большинстве подземных рудников Медного пояса бортовое содержание меди ограничивается 1 %. В учтенные запасы не включаются руды разрабатываемых месторождений, содержащие 0,5—1 % меди, в учтенные запасы не входит также ряд месторождений, содержащих менее 2 % меди, с запасами руды в многие сотни миллионов тонн (Костин и др., 1971).

Свинцово-цинковое предприятие «Брокен Хилл» разрабатывает очень богатое месторождение Брокен Хилл<sup>1</sup> (Замбия). Рудные тела имеют форму столбов и линз, состоящих из сульфидной руды (галенит и сфалерит с небольшим количеством пирита, окруженных окисленной рудой). Сульфидная руда содержит в среднем 20 % свинца и 23 % цинка. Фактически это готовый природный коллективный концентрат. Годовая производительность рудника около 300 тыс. т. Отработка рудных тел ведется системой подэтажных штреков. Окисленные и бедные руды сохраняются для последующей разработки (Костин и др., 1971).

Из изложенного видно, что в зарубежных странах богатые руды обязательно отрабатывают предваритель-

<sup>1</sup> Месторождение открыто в 1902 г. австралийским горным инженером Дэви и названо им так в честь крупного месторождения в Австралии.

но или, в крайнем случае, раздельно, а не валовым методом. Вместе с тем, изучая практику зарубежных рудников, надо всегда помнить замечание академика А. А. Скочинского о том, что опираться на опыт капиталистических стран надо с большой осторожностью. Социальные пороки капиталистического общества нередко приводили к трагическому финалу, когда в погоне за сверхприбылями на месторождениях богатых руд грубо нарушались правила эксплуатации шахт (Истомин и Ковалев, 1969).

## **МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУД РЕЗКО РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА**

Обобщение и анализ опыта подземной эксплуатации более 60 месторождений, представленных рудами резко различного качества, позволили дать следующую классификацию методов (технологических схем) их разработки (табл. 1).

Из табл. 1 следует, что понятие «метод разработки» (иначе, «технологическая схема разработки», или «вариант порядка разработки») месторождения не следует путать с понятием «система разработки».

При совместной (валовой) разработке месторождения наиболее полно реализуются такие общеизвестные технико-экономические преимущества массового горного производства, как простота технологии и организации горных работ; высокая производительность труда рабочих в связи с возможностью применять более производительные системы разработки, развить большую производительность рудника и использовать эффективные средства механизации; низкая себестоимость добычи рудной массы; возможность наибольшей концентрации горных работ; проще обеспечение безопасных условий труда (Агошков и Малахов, 1966). Однако совместной разработке присущи существенные недостатки, которые до недавнего времени практически не учитывались: смешивание различных типов (сортов) руд приводит к увеличению потерь металлов при обогащении; большое разубоживание вызывает удорожание процесса переработки добытой рудной массы; большие масштабы предприятия требуют соответствующих больших

Таблица 1

**Классификация методов подземной разработки месторождений руд  
резко различного качества**

Общий порядок разработки	Методы разработки	Признаки
	1. Совместный	Совместная одновременная выемка богатых и бедных руд одним потоком. Чтобы исключить резкие колебания содержания металлов в добываемой рудной массе, необходимо производить ее усреднение.
A. Одновременная разработка	II. Раздельный	Все типы (сорта) руды добываются одновременно, но уже в забое производится разделение рудных потоков. Транспортирование, подъем и переработка руд производятся раздельно.
	II-а. Выборочный	Из месторождения, участка, блока, слоя добывается более богатая руда, с содержанием металла выше, чем в среднем по месторождению. Часть ученных в подсчете запасов выбраковывается в некондиционные и оставляется на месте залегания.
	III. Раздельно-разновременный с сохранением статического равновесия подрабатываемых бедных руд	Выемка богатых и бедных руд разделена во времени. В первую очередь добывают частично или полностью богатую руду и при этом выполняют необходимые инженерные мероприятия для сохранения статического равновесия бедных руд. Во вторую очередь ведется после-

Окончание табл. 1

Общий порядок разработки	Методы разработки	Признаки
Б. Разновременная разработка		дующая разработка бедных руд и оставляемых запасов богатых руд.
	IV. Раздельно-разновре-менный без сохранения статического равновесия подрабатываемых бедных руд	<p>В первую очередь производится по возможности полная отработка запасов богатых руд. Бедные руды в этот период могут не быть промышленными из-за низкого содержания полезных компонентов, поэтому охрана их практически не обеспечивается.</p> <p>Во вторую очередь, после пересмотра кондиций, ведется повторная разработка месторождения открытым, подземным или геотехнологическим способом.</p>

капитальных вложений, но с увеличением капиталовложений автоматически увеличиваются сроки строительства рудника и сроки освоения проектной производительности; валовая разработка сопровождается часто большими потерями ценных полезных ископаемых; больше отрицательное воздействие на окружающую природу (зоны обрушения, хвостохранилища).

Раздельная одновременная разработка позволяет добывать руду по сортам и значительно повысить извлечение металлов при обогащении. Например, внедрение раздельной добычи сурьмяных руд на Кадамджайском руднике позволило увеличить извлечение сурьмы в концентрат при обогащении на 16% (Шупиков, 1973). Однако из-за пока высоких трудоемкости и себестоимости добычи, а также низкой интенсивности очистных работ раздельная разработка в отечественной практике не получила еще широкого распространения. Здесь сказывается также допущенное серьезное отставание в горном машиностроении по созданию горной техники для раздельной добычи богатых и разнотипно-разносортных руд (имеется в виду малогабаритное самоходное многоцелевое забойное оборудование).

В отношении раздельного одновременного метода разработки распространено неправильное представление о том, что доля каждого типа (сорта) руды в добыче должна быть пропорциональна запасам их в месторождении. На практике это выполнить обычно невозможно из-за большой изменчивости соотношения запасов различных руд в блоках, участках. Поэтому приходится либо соглашаться с большими колебаниями количества и качества рудной массы в отдельных рудных потоках или (это бывает чаще) вести опережающую выемку одного из типов (сортов), что приводит к не предусмотренной заранее и неуправляемой деконцентрации горных работ.

При благоприятных условиях залегания богатые руды отрабатывают с опережением, и это обеспечивает достижение большого народнохозяйственного эффекта в короткие сроки. Этот эффект пока менее всего понятен тем, кто ведет последующую разработку месторождения и встречается с осложнениями, вызванными опережающей выемкой богатых руд. Поэтому широко распространено негативное отношение к предваритель-

ной выемке богатых руд, связывающее ее с обеднением или даже порчей месторождения. Сам термин «обеднение», по нашему мнению, вряд ли подходит к месторождению как природному невозобновляемому объекту. Месторождение надо использовать наиболее эффективно и наиболее полно. Применительно к месторождениям руд резко различного качества это может быть достигнуто именно разновременной отработкой богатых и бедных руд.

Наконец, в горнорудной промышленности все чаще и чаще стали встречаться факты повторной разработки месторождений открытым или подземным способами и здесь достигнуты известные успехи (Полищук, 1971). Снижение промышленных кондиций в результате технического прогресса в использовании месторождений приводит к тому, что запасы ранее некондиционных руд, вместе с потерянными богатыми рудами на верхних горизонтах (при первичной разработке), становятся промышленными, иногда даже более ценными, чем неотруннутые разработкой запасы нижних горизонтов (например, на Лениногорском комбинате).

Следовательно, разновременную разработку месторождения, включающую первичную отработку богатых руд и повторную разработку считавшихся ранее некондиционными руд и руд, потерянных при первичной разработке, можно также заранее предполагать, прогнозировать и более или менее точно учитывать.

Заметим, что для повторной разработки могут применяться как обычные, так и специальные (физико-химические, бактериологические и другие) способы.

Не исключено, что в практической деятельности рудников могут встретиться различные комбинированные схемы отработки богатых и бедных руд. На шахте поток богатой руды может включать раздельно добывшую богатую руду (II метод, табл. 1), предварительно добывшую руду (III метод), а также первоочередную добывшую богатой руды подземным способом, например, в зоне карьера (IV метод) и раздельно добывшую богатую руду при последующей или повторной разработке. Но так как любая комбинированная схема формирования рудных потоков на шахте легко распадается на более простые, то отдельно комбинированный порядок разработки в классификацию вводить не следует, тем более, что

комбинированной разработкой принято именовать одновременную эксплуатацию месторождения открытым и подземным способами (Щелканов, 1974).

Таким образом, принятый порядок разработки обуславливает либо усреднение добываемой из месторождения руды (совместный метод), либо, напротив, ее разусреднение путем разъединения рудных потоков непосредственно в забоях. Между периодами добычи богатых и бедных руд может образоваться разрыв во времени, достигающий десяти и более лет (например, месторождения Норильск-1, Тасеевское, Криворожский бассейн).

Эффективность горнорудного предприятия очень существенно зависит от природных факторов, в частности, от количества и качества запасов богатых руд и возможной последовательности разработки богатых и бедных руд в месторождении. Последнее обстоятельство предполагает применение сложных и гибких методов разработки месторождений, представленных резко различными по качеству рудами.

Методы разработки рудных месторождений различаются по количеству стадий отработки запасов (одновременная и разновременная разработка), по технологии работ (совместный, раздельный, выборочный), по состоянию массива бедных руд и вмещающих пород после выемки богатых руд и т. д. (табл. 1).

## **ДВУХОЧЕРЕДНАЯ РАЗРАБОТКА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Изучение отечественного и зарубежного опыта двухочередной эксплуатации рудных месторождений позволило выделить два принципиально отличающихся один от другого метода разработки: раздельно-разновременный с сохранением статического равновесия подрабатываемых бедных руд и раздельно-разновременный без сохранения статического равновесия окружающего горного массива. В том и в другом методе выемка богатых и бедных руд разделена во времени, но сами методы имеют целый ряд технологических особенностей, определяющих их эффективность.

Если на момент начала отработки богатых руд бед-

ные руды уже являются кондиционными и характеризуются достаточно высоким модулем качества, то при опережающей выемке богатых руд должна быть принята такая технология горных работ, при которой безусловно будет обеспечена сохранность бедных руд от обрушения. В зависимости от качества богатых руд и физико-механических свойств горного массива управление горным давлением при опережающей выемке осуществляется либо оставлением целиков, либо сооружением искусственных опор, либо твердеющей закладкой, либо комбинацией этих способов. В этом случае вторая очередь разработки месторождения называется последующей разработкой.

Последующая разработка — это комплекс горных работ, проводимых на месторождении, представленном рудами резко различного качества, после того, как богатые руды отработаны частично или полностью и созданы условия для безопасной и эффективной отработки оставшихся запасов месторождения.

Последующую разработку следует отличать от повторной (Шашурин, 1962; Полищук, 1971; Куликов, 1972), под которой «...подразумевается выемка руд на действующих или действовавших рудниках, которые ранее считались некондиционными..., а также руд, считавшихся как потери при первоначальной разработке месторождения» (Шашурин, 1962, стр. 5).

Одной из первых работ, посвященных проблемам повторной разработки месторождений, является статья А. В. Левицкого, опубликованная в 1940 г. (Левицкий, 1940). Л. И. Барон предложил следующее определение: «Горные работы, проводимые с целью извлечения запасов полезного ископаемого, оставшихся в выработанном пространстве или в примыкающих к нему участках на ранее погашенных (выделено мной. — В. З.) месторождениях или горизонтах, можно назвать повторной разработкой. Методы ее осуществления имеют свои специфические особенности, связанные с необходимостью ведения работ в нарушенных горных породах, растрескавшихся и подвергшихся выветриванию (что сильно затрудняет поддержание выработок), при наличии пустот или старой крепи, закладочного материала или обрушенных пород» (Барон, 1961, стр. 41).

Для повторной подземной разработки более харак-

терно применение методов самообрушения бедных руд, добычи разубоженных руд, закладки, тогда как при последующей разработке чаще применяется принудительное обрушение, а горный массив до начала очистной выемки сохраняется в статическом равновесии.

Последующая разработка на рудниках обычно имеет место в следующих двух случаях, когда:

1) заранее предусмотрена отработка запасов в две стадии: в первую стадию вынимаются богатые руды (жильные, сплошные сульфидные), а во вторую стадию отрабатываются бедные руды (вкрапленные руды, рудные зоны, руды другого типа);

2) при отработке жильных месторождений обнаруживается, что вмещающие породы имеют промышленное содержание полезных компонентов, открываются и разведуются рудные зоны, которые вовлекаются в отработку, однако выемка богатых руд производится все же с опережением.

Таким образом, последующая разработка представляет собой второй этап эксплуатации месторождений руд резко различного качества раздельно-разновременным методом, когда опережающая выемка богатых руд проведена без нарушения статического равновесия подрабатываемых бедных руд (табл. 1). Последующая разработка должна предусматриваться в технико-экономических расчетах и более или менее детально проектироваться еще до начала отработки богатых руд, тогда как повторной разработке обязательно «...предшествует составление самостоятельного проекта в связи с переоценкой запасов и новой технологией переработки руд» (Шашурин, 1962, стр. 19).

Если не видеть различие в терминах «последующая» и «повторная» разработка, то это может привести к серьезным просчетам и смешению понятий. Необоснованно, например, рассматривать в качестве повторной разработку на рудниках комбината «Балейзолото», Норильского комбината и на некоторых других предприятиях, в то время как там имеет место предусмотренная заранее последующая разработка.

Последующая и повторная разработки различаются по условиям применения, по уровню извлечения полезных ископаемых, по эффективности использования всех типов и сортов руд.

Есть и общие черты, характерные как для последующей, так и для повторной разработки:

- а) увеличение производительности предприятия по добыче и переработке руды;
- б) значительный разрыв во времени между выемкой богатых участков и отработкой бедных руд;
- в) возможность эффективного применения в соответствующих условиях открытых горных работ;
- г) раздельная добыча оставленных богатых руд.

Разница заключается еще и в том, что при повторной разработке извлекают потерянные, то есть списанные ранее с баланса предприятия богатые руды, а при последующей разработке добыча богатых руд обычно предусмотрена в комплексном первоначальном проекте.

Литература по последующей разработке месторождений руд резко различного качества представлена в основном статьями, освещающими в общих чертах опыт работы отдельных рудников.

Такое положение снижает эффективность проектирования новых предприятий в аналогичных условиях. В проектах чаще предусматривают совместную (валовую) разработку запасов, не допуская опережающей выемки более богатых руд. Этот формальный отказ от предварительной выемки богатых руд отрицательно оказывается на работе горнорудных предприятий, так как прикладных исследовательских и проектно-конструкторских работ по решению широкого круга практических задач, связанных с двухочередной разработкой, выполняется крайне мало. В этих условиях известное распространение получили факты, когда блоки богатых руд отрабатываются по локальным проектам, негласно, при невысоком техническом уровне горных работ (Зверьков, 1970).

Что таит в себе рациональная предварительная выемка богатых руд, можно видеть на условном примере. Месторождение представлено рудами двух сортов: богатыми, идущими непосредственно в металлургическую плавку, и бедными, требующими обогащения. Богатые руды составляют лишь 2,23% запасов месторождения. Расчет показывает (табл. 2), что рациональная опережающая выемка позволяет более полно использовать месторождение, так как металла добывается больше за счет более высоких коэффициентов извлечения при до-

Таблица 2

**Технико-экономические показатели совместного  
и раздельно-разновременного метода разработки  
(условный пример)**

Показатели	Совмест- ная раз- работка	Двухочередная разработка	
		богатые руды	бедные руды
Балансовые запасы руды, тыс. т	35800	800	35000
Содержание металла в руде, %	0,851	6,1	0,73
Запасы металла, т	304300	48800	255500
Оптовая цена металла, руб/т	3850	3850	3850
Себестоимость добычи 1 т руды, руб/т	9-00	27-00	9-00
Себестоимость обогащения 1 т руды, руб/т	2-60	—	2-60
Себестоимость металлургического передела в расчете на 1 т руды	0-85	5-20	0-85
Коэффициент извлечения при обогащении	0,88	—	0,85
Коэффициент извлечения при металлургическом переделе	0,92	0,95	0,92
Извлекаемая ценность 1 т руды, руб/т	26-60	224-00	22-00
Полные затраты производства, отнесенные на 1 т промышленной руды	12-45	32-20	12-45
Коэффициент извлечения руды при добыче	0,85	0,97	0,85
Количество добываемой руды с промышленным содержанием, тыс. т	30400	776	29750
Количество извлеченного металла, т	209500	45100	170000
Прибыль на 1 т руды, руб/т	14-15	191-80	9-55
Прибыль на всю добываемую руду, млн. руб.	430	148,7	284
Приведенная прибыль, млн. руб.	893	847	515

быче богатой руды и при ее переработке. Увеличивается и номинальная сумма прибыли. Если же исследовать экономические последствия рациональной опережающей выемки богатых руд в динамике, с учетом фактора времени, то преимущества дифференцированной разработки в условиях приведенного примера становятся настолько большими, что с ними нельзя не считаться. Все это можно видеть на круговой диаграмме (рис. 4).

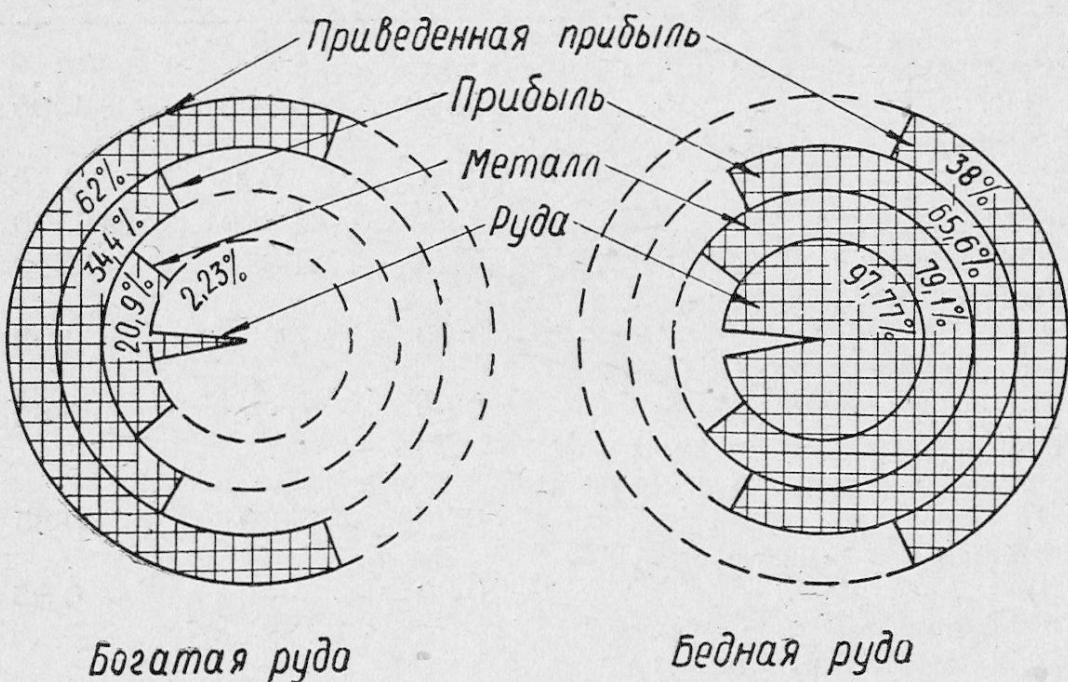


Рис. 4. Удельное значение богатых и бедных руд при раздельно-разновременной разработке месторождения

Под рациональной опережающей выемкой богатых руд подразумевается первая стадия запланированной (предусмотренной планом и спроектированной) двухочередной разработки месторождения, представленного рудами резко различного качества, в результате которой добываются только богатые руды и обеспечивается статическое равновесие бедных руд и окружающего месторождение горного массива.

Нерациональная опережающая выемка богатых руд не обеспечивает оптимума практической деятельности общества в использовании естественных минеральных ресурсов и поэтому недопустима<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах. «Правда», 11 июля 1975 г.

Признаки рациональной опережающей выемки:

1) она не должна быть причиной безвозвратных потерь бедных руд, запасы металлов в которых обычно большие и которые станут сырьевой базой для предприятия после отработки богатых руд;

2) при рациональной опережающей выемке должны быть созданы условия для безопасной и эффективной отработки оставшихся запасов месторождения. В числе оставленных для отработки во вторую стадию могут быть также значительные запасы богатой руды в целиках, в рудной корке и т. п. Поэтому должны быть созданы дополнительные условия для эффективной раздельной выемки и выдачи богатых и бедных руд при последующей разработке;

3) рациональная опережающая выемка богатых руд требует более строгого обоснования параметров системы и культурного исполнения ее. В частности, недопустимы потери богатых руд в отбитом виде. В неотбитом виде богатая руда оставляется только в несущих конструкциях при высокой ее естественной устойчивости и при обеспечении условий последующей выемки с минимальными потерями.

Рациональную опережающую выемку богатых руд в общем случае не следует отождествлять с раздельной (селективной) разработкой.

Опережающая выемка богатых руд отличается также от выборочной разработки, в частности, тем, что представляет собой первую очередь эксплуатации. В результате выборочной разработки месторождение обычно утрачивает промышленное значение вовсе или на очень длительный период. Опережающая выемка богатых руд обязательно предполагает, что месторождение представлено рудами резко различного качества и что бедные руды уже являются кондиционными на момент опережающей выемки богатых руд. Таковы месторождения Норильск-1, Талнахское, Тишинское, Тасеевское и многие другие.

Целесообразность рациональной опережающей выемки богатых руд устанавливается в результате тщательного технико-экономического анализа последствий, вызываемых ею. При этом в качестве критериев оценки можно принять максимумы прибыли и количества металлов, полученных от разработки всего месторождения.

Как показывают исследования, эти показатели максимальны чаще всего только при дифференцированной (разновременной) разработке богатых и бедных руд.

В практике встречаются примеры нерациональной опережающей выемки богатых руд, когда ее применяют не оттого, что она действительно эффективна, но чтобы покрыть недостатки в организации и планировании работ, упущения в разведке и проектировании, бесхозяйственность, затруднения в материально-техническом обеспечении, капитальном строительстве и т. д.

Рациональная опережающая выемка ориентируется на возросший уровень научно-технологических возможностей в горнорудной промышленности, которые позволяют планировать опережающую добычу богатых руд на месторождениях без потерь запасов бедных и забалансовых руд, т. е. применять для этой цели преимущественно системы разработки с сохранением статического равновесия горного массива месторождения. Помимо наиболее полного использования природных ресурсов, это приводит к значительному выигрышу во времени, столь необходимому для обеспечения высоких темпов развития экономики.

Следовательно, основная цель разновременной отработки запасов богатых и бедных руд — добиться максимального использования благоприятных природных факторов с учетом преимуществ планового способа производства в рудной промышленности.

При проектировании рациональной опережающей выемки богатых руд важным требованием становится сокращение сроков вскрытия богатых руд. Такое сокращение достигается как за счет быстрого сооружения поверхностных комплексов новых рудников из сборных конструкций заводского изготовления без возведения на строительных площадках временных объектов, применения скоростных проходок выработок и высокопроизводительной техники, так и за счет уменьшения мощности рудных шахт первой очереди, упрощения схем вскрытия, сокращения длины квершлагов, возможного при широком применении систем разработки с твердеющей заливкой. Принимаются и другие решения, позволяющие уменьшить капиталоемкость вскрытия и ускорить ввод рудника в эксплуатацию (Зверьков, 1973).

Опережающая выемка богатых руд позволяет лучше

изучить месторождение в целом, уточнить его геологическую позицию и, разумеется, избежать многих ошибок, в том числе больших первоначальных затрат на изыскательские работы, разведку месторождения и ненужные проектные работы. По этой причине в первом проекте не следует подробно рассматривать вскрытие месторождения для последующей разработки. Здесь достаточны экспертные решения, учитывая, что вскрытие для второй очереди практически может быть принято независимо от вскрывающих выработок первой очереди. Это доказано практикой.

Для рациональной опережающей выемки богатых руд применяют системы разработки, удовлетворяющие следующим требованиям:

1) сохранность горного массива (бедных руд и вмещающих пород) в статическом равновесии. Для поддержания выработанного пространства оставляют богатые рудные целики, сооружают искусственные опоры или применяют закладку бедными рудами, а также гидравлическую и твердеющую;

2) соответствие конструктивных параметров очистных блоков при опережающей выемке богатых руд конструктивным параметрам системы, применяемой для последующей разработки бедных руд и оставленных в целиках богатых руд. Такое соответствие (равенство или кратность параметров) обеспечивается комплексным проектированием.

Кроме того, выбранный вариант системы должен удовлетворять требованиям безопасности и интенсивности разработки богатых руд и экономичности отработки всего месторождения в целом.

На месторождении Норильск-1 для опережающей выемки богатых руд в период с 1938 г. по 1966 г. широко применялась камерно-столбовая система разработки. Ширина камер составляла 11—14 м, междукамерных целиков 4—8 м, панельных целиков 6—8 м. Фактическая длина камер изменялась от 42 до 60—70 м. Выемочная мощность — от 2 до 8—9 м. Камеры закладывали бедной рудой, льдом, ледопородной закладкой, бетоном (Семевский, Галаев и Зверьков, 1966).

Наши исследования показали, что в целях увеличения несущей способности богатых рудных целиков в зоне опорного давления и повышения извлечения богатых

руд при последующей разработке необходимо предусматривать укрепление целиков различными инженерными конструкциями — подпорными стенками, штангами, анкерными стяжками и т. п.

На Талнахском и Октябрьском месторождениях опережающую выемку богатых руд ведут камерно-целиковыми и слоевыми системами разработки с бетонной закладкой (табл. 3). При всех перечисленных системах весьма существенное значение для снижения потерь и повышения общей эффективности метода разработки играют работы по зачистке богатой рудной мелочи с почвы камер (слоев).

При крутом падении в случае жильного месторождения опережающую выемку богатых руд ведут системами с магазинированием и с распорным креплением (табл. 4), на мощных месторождениях применяют в основном камерно-целиковые системы с твердеющей закладкой (Петренко и Иванов, 1972).

При проектировании разработки Первой рудной зоны Тасеевского месторождения (комбинат «Балейзолото») опережающую выемку богатых жил жестко увязали с последующей отработкой бедных руд как в пространстве (опережение на один этаж), так и во времени (4—5 лет). Это решение позволило не применять твердеющую закладку и поэтому было ошибкой, так как указанные ограничения по организационно-экономическим причинам при раздельно-разновременной разработке богатых и бедных руд выполнить невозможно. Фактически богатые жилы отработаны с опережением на 2—3 горизонта. Это привело к деконцентрации горных работ по высоте и к угрозе значительных потерь бедных руд.

Опережающая выемка богатых руд должна быть независимой во времени и пространстве от последующей разработки. Однако это ни в коей мере не освобождает от необходимости комплексного проектирования порядка и систем раздельно-разновременной разработки месторождения в целом с тем, чтобы предусмотреть более эффективные инженерные меры для безусловного сохранения массива бедных руд в природном равновесии.

На рис. 5 показан вариант системы последующей разработки пологих месторождений типа Норильск-1,

Таблица 3  
Технико-экономические показатели систем разработки на руднике «Маяк»  
при мощности рудного тела 20 м (по данным ГМИИЦ НГМИК)

Показатели	Системы разработки					
	Камерно-целевая, с отбойкой:			Слоевая		
	на потолко-уступным забоем	на пло- ское	на руд- ные от- косы	на бе- тон.	на бе- тон.	с само-ходным оборудо-ванием
Удельный объем подготовительно-нарезных работ, м <sup>3</sup> /1000 т	34,0	57,0	112,0	89,2	61,0	72,0
Потери, %	3,4	2,3	2,2	1,5	1,5	1,5
Разубоживание, %	8,1	7,1	8,4	7,2	7,4	8,1
Производительность рабочего, м <sup>3</sup> /смену	4,28	4,23	4,97	4,59	5,10	4,61
Средняя производительность камеры, т/мес.	1880	2460	1130	2350	1600	1890
Интенсивность камеры, мес.	16,2	12,4	27,0	13,0	18,3	15,3
Себестоимость руды по системе, руб.	1,75	1,70	1,70	1,81	1,67	1,84
					107,0*	107,0**
					2,3	2,3
					1,0	1,0
					8,8	8,8
					7,5	7,5
					3,51	3,51
					3,35	3,35
					1850	2440
					1484	4350
					18,5	12,5
					63,0	7,0
					1,10	1,96
					3,99	1,96

\* выемка слоев снизу вверх  
\*\* выемка слоев сверху вниз

\*\*\* высота слоя 4 м  
\*\*\*\* высота слоя 10 м

Таблица 4

**Показатели систем опережающей разработки  
богатых руд на Тасеевском руднике**

Показатели	Ед. изм.	Системы разработки	
		с магазинированием руды	потолкоуступн. с распорн. крепью
Средняя мощность жилы	м	2,0	2,0
Угол падения жилы	град.	60-90	60-90
Высота этажа	м	38-50	45-50
Длина блока	м	30-40	30-40
Ширина МКЦ	м	9,0	9,0
Вертикальная толщина МЭЦ	м	4,0	4,0
Коэффициент подготовительно-нарезных работ	м/1000 т	9,5	11,0
Тип бурового оборудования		ПТ-45	ПТ-45
Производительность труда:			
забойного рабочего	м <sup>3</sup> /чел. см.	2,05	1,42
бурильщика	м <sup>3</sup> /чел. см.	5,62	4,45
при погрузке руды	м <sup>3</sup> /чел. см.	9,8	8,3
Удельный расход:			
ВВ	кг/м <sup>3</sup>	1,41	1,76
лесоматериалов	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	0,01	0,08
Себестоимость руды по системе	руб/т	8,36	9,90
Потери	%	1,5	0,7
Разубоживание	%	9,4	5,2
Удельный вес системы	%	54,3	11,0

учитывающий опыт разработки богатых и бедных руд на северном крыле нижних горизонтов рудника 7-бис, а также результаты исследований по увеличению несущей способности рудных целиков, распределению

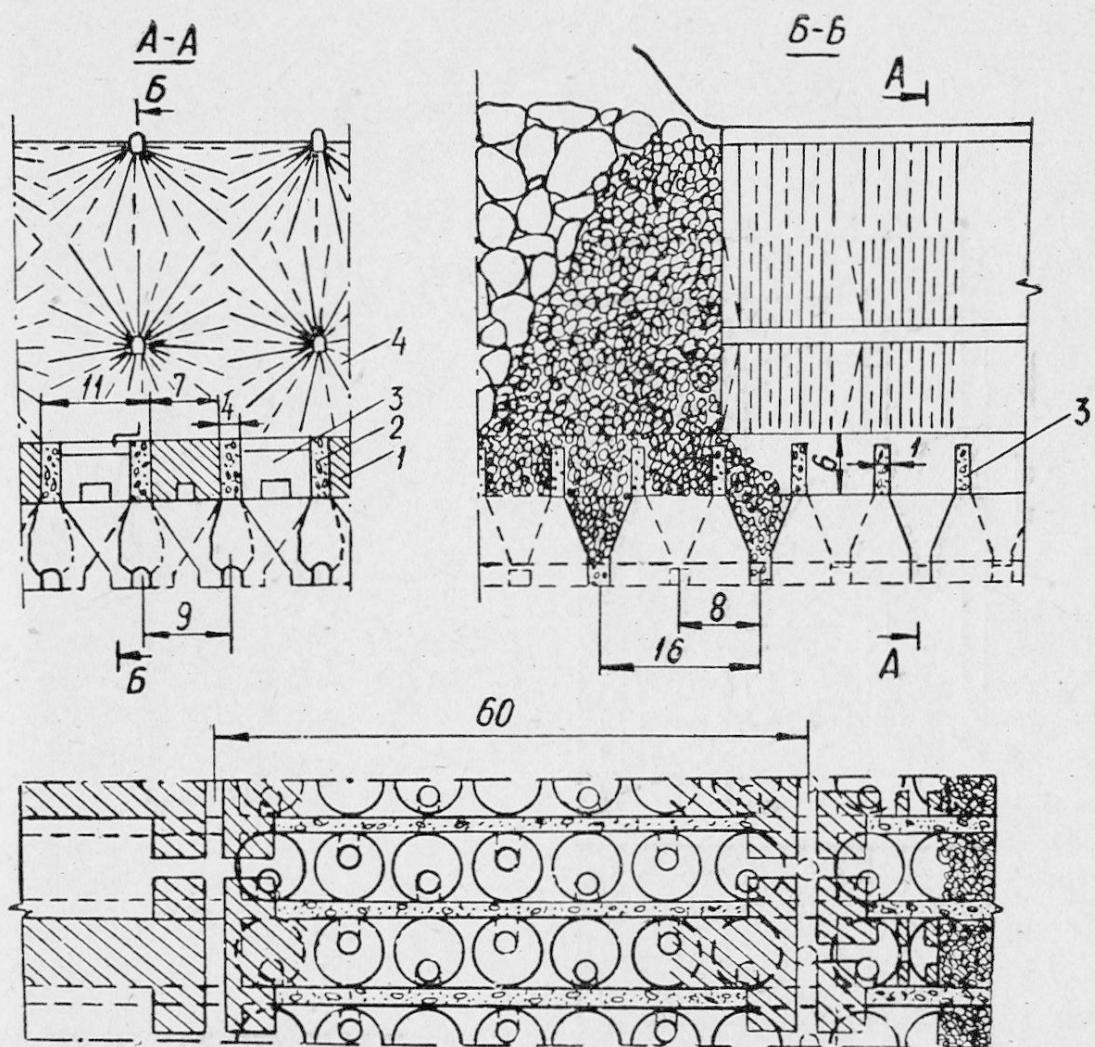


Рис. 5. Вариант системы последующей разработки пологопадающих месторождений: 1 — целики богатой руды; 2 — подпорные бетонные стенки; 3 — бетонные перемычки; 4 — бедные руды

опорного горного давления и выпуску руды при системе этажного принудительного обрушения с одностадийной выемкой (Семевский, Галаев и Зверьков, 1966).

С учетом опыта эксплуатации Тасеевского месторождения предложен вариант камерно-целиковой системы последующей разработки кругопадающих рудных зон, разрезанных на две части очистным пространством, образованным опережающей выемкой богатой жилы (рис. 6). При опережающей выемке в узком выработанном пространстве через 11 м возводятся бетонные целики на всю высоту этажа в виде лент шириной 3 м.

По простирианию рудная зона делится на первичные

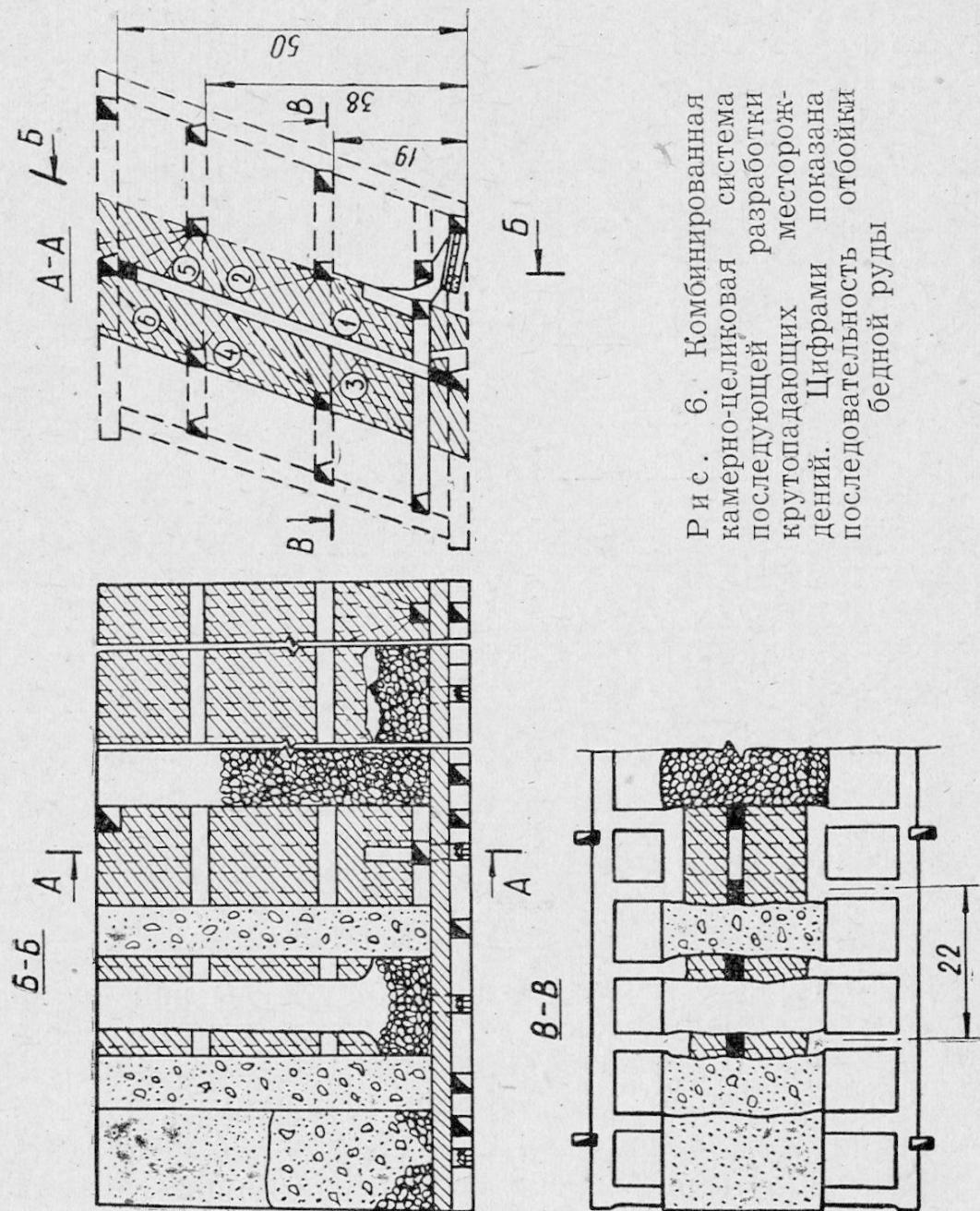


Рис. 6. Комбинированная камерно-целиковая система разработки последующей кругопадающих месторождений. Цифрами показана последовательность отбойки бедной руды

и вторичные камеры шириной 8 м и 14 м соответственно. Подготовительные работы включают проходку полевого откаточного штрека и ортов из него, которыми полевой штрек через каждые 44 м сбивается с рудным штремком, оставшимся после опережающей выемки жилы. В створе каждого орта в висячем и лежачем боках проходят два полевых восстающих, из которых через 19 м проводят подэтажные рудные и полевые штреки и орты.

Днище камер может быть плоским, трапециевидным, наклонным или воронкообразным. Выпуск руды производится непосредственно в откаточные сосуды либо виброплощадками ВДПУ-4т, либо погрузочными машинами типа ППН-1с, ПНБ-2к, ППН-2г и др., либо тем и другим способами совместно, как показано на рис. 6.

Первичные камеры закладывают бетоном, вторичные камеры в нижней части также заполняют бетоном, а затем песчано-гравийной смесью или песковой фракцией хвостов обогащения.

Полная себестоимость добычи 1 т руды при последующей разработке на 25—30% выше, чем при валовой разработке той же камерно-целиковой системой. Это удороожание отражает повышенный расход горноподготовительных работ ( $8,8 \div 9,0 \text{ м}^3/1000 \text{ т}$ ) и более высокую трудоемкость процессов очистной выемки, что необходимо учитывать при выборе и проектировании рационального метода разработки.

## РАЦИОНАЛЬНАЯ ВЫБОРОЧНАЯ РАЗРАБОТКА

Очевидно, что двухочередная разработка возможна лишь на таких месторождениях руд резко различного качества, где богатые руды сконцентрированы в отдельные крупные тела (жилы, пласти, линзы, штоки, большие гнезда и т. п.) сравнительно простой формы.

Для сырьевой базы цветной металлургии характерны многочисленные рудные месторождения весьма сложного морфологического строения и резко неравномерного качественного состава. Они играют важную роль в добыче некоторых цветных, редких и благородных металлов и отличаются тем, что технология их разработки развита еще недостаточно. Длительное время в проектировании и эксплуатации таких месторождений

ведущим был принцип применения высокопроизводительных систем с обрушением с целью снижения себестоимости добычи 1 т рудной массы и повышения производительности труда, также исчисляемой в тоннах рудной массы. Качеству руды не уделяли должного внимания. В результате экономические показатели освоения месторождений этой группы оставались неудовлетворительными. Это выявилось особенно в связи с переходом промышленности на новые условия планирования и экономического стимулирования.

Выше было указано, что проектирование и планирование разработки сложных месторождений очень затруднено низкой достоверностью разведочных данных. Выбор систем разработки сводится к определению области применения и конструктивно-технологического исполнения систем с совместной (валовой) выемкой, т. е. главным образом с обрушением, и систем с выборочной разработкой, т. е. преимущественно слоевых с поддержанием очистного или призабойного пространства с учетом необходимости «сопровождающей» разведки (Попов и Лобанов, 1970).

Рациональной выборочной разработкой называется такой метод эксплуатации, при котором горные работы ведут с целью добыть из подготовленных и даже иногда из нарезанных блоков, панелей, слоев более богатую руду с оставлением бедной некондиционной руды или пустой породы на месте ее залегания в неотбитом виде. Рациональная выборочная разработка, таким образом, противостоит совместной разработке, так как исключает отработку бедных руд, а иногда и пустых пород, включенных в промышленный контур при существующих способах подсчета запасов, за счет богатых руд.

В особых случаях выборочная разработка может быть экономически оправданной, вынужденной. Нерациональную с точки зрения использования месторождений выборочную разработку приходилось вести, например, в период Великой Отечественной войны и в первые послевоенные годы. В 1949 г. выборочная разработка была запрещена. С тех пор в генеральных проектах рудников выборочная разработка никогда не предусматривается, исследований по применению выборочной разработки не ведется, опыт рудников не обобщен.

Масштабы же фактического применения выборочной разработки на рудниках цветной металлургии таковы, что заслуживают самого серьезного внимания.

После 1949 г. впервые практическая необходимость применения выборочной разработки на рудниках цветной металлургии была признана в 1960 г. в решении Всесоюзной межвузовской конференции по повышению производительности горных предприятий (Пути повышения производительности горных предприятий. Сб. тр. Всесоюзной межвузовской научной конференции. М., «Высшая школа», 1962).

В отраслевой Инструкции МЦМ СССР «Определение экономической эффективности капитальныхложений в цветной металлургии» (1971 г.) также признается целесообразность выборочной разработки богатых руд при условии, что такое решение не приведет к безвозвратной потере некоторой части учтенных запасов или к резкому ухудшению эксплуатационных условий при дальнейшей отработке месторождения.

Для предварительной оценки можно считать, что выборочная разработка эффективна, если в результате ее проведения вычленяются участки пустых пород или убогих руд с содержанием, близким к содержанию в хвостах.

В горнорудной практике давно известна эффективная сплошная система разработки на пологих рудных пластах с поддержанием выработанного пространства нерегулярными целиками из включений пустых пород либо бедных руд. Это по своей сути выборочная разработка. Удельный вес добычи руды из участка, панели определяется фактическим распространением богатого оруденения и может колебаться в широких пределах. Если площадь обнажения кровли превышает допустимую, то оставляют либо рудные целики, либо возводят искусственные опоры.

Опыт ряда рудников (Саралинский, Северо-Енисейский, Коммунаровский, Артемовский) свидетельствует, что подобная в принципе сплошная выемка по богатым рудам может применяться при любых углах залегания рудных тел и очень сложной их морфологии (рис. 7). Для планирования рациональной выборочной разработки целесообразно проводить эксплуатационную геометризацию, особенно в тех случаях, когда промышленная

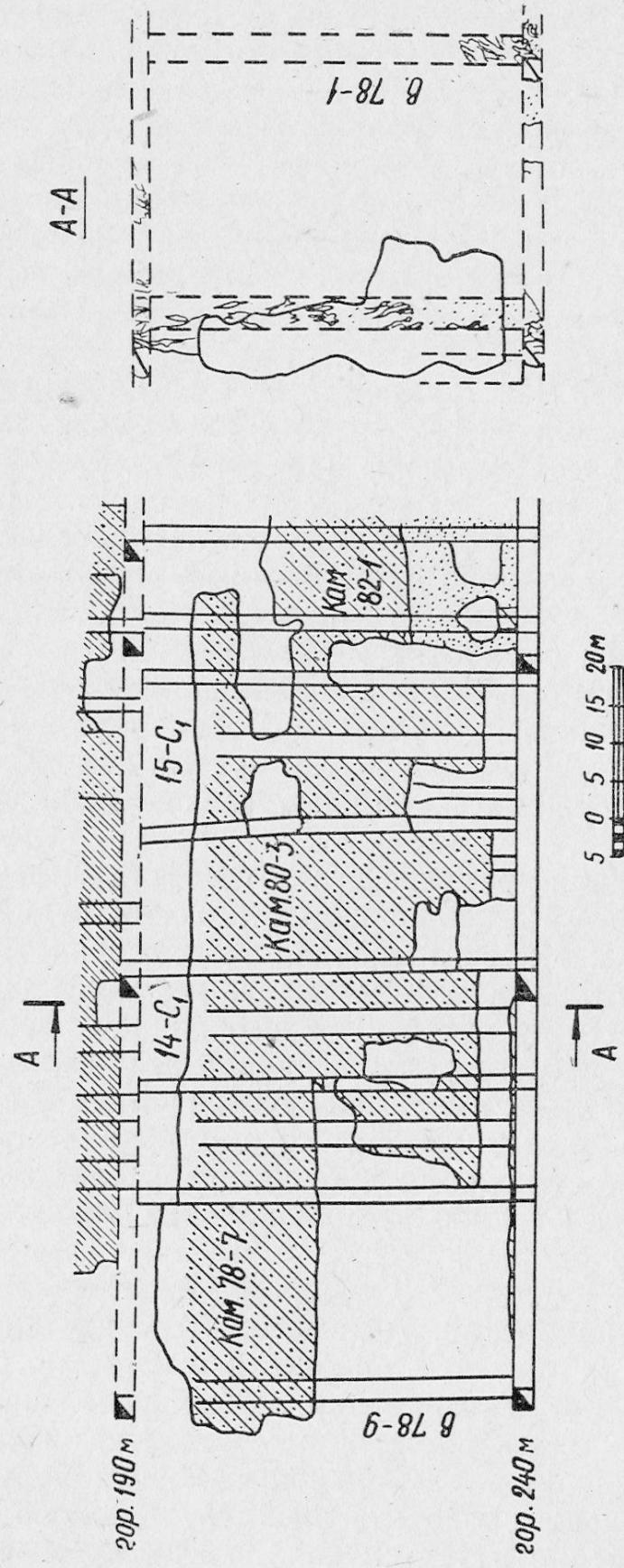


Рис. 7. Сплошная выемка блоков по простиранию без оставления регулярных МКЦ системой разработки горизонтальными слоями с закладкой на Северо-Енисейском руднике

руды не отличается макроскопически от окружающего горного массива. С учетом геометрии фактического размещения металла в недрах можно резко сократить потери его, если приурочивать камеры к более богатым участкам залежи, а целики — к бедным. Целики можно вырабатывать или полностью, или частично, если в них могут быть выделены обособленные участки богатых руд, содержащие основную массу металла.

Выборочная разработка позволяет эффективно отрабатывать бедные, даже забалансовые блоки. Например, интересный опыт имел место в 1969—1970 гг. на Джигжикрутском руднике (Исамухамедов и др., 1970). Руда здесь имеет крепость 8—12. Коэффициент оруденения 0,33—0,37. Нижний участок рудника был отработан 12 камерами. В целиках осталось 50 900 м<sup>3</sup> руды с содержанием 33% от планового содержания в товарной руде. По данным тщательной буровой разведки определили в целиках обогащенные участки и отбили их взрыванием глубоких скважин. Отбитую руду выпускали через воронки днищ камер или проходили нарезные выработки специально. Этим методом под открытым выработанным пространством извлекли 22 710 м<sup>3</sup> руды (44,7%) с содержанием 69% по отношению к плановому. Потери металла в оставленных запасах составили 19,5% от запаса его в целиках. Содержание металла в массиве оставшейся части целиков ниже бортового лимита. Потери металла в целом по Нижнему участку составили 8,1%. Экономический эффект от повышения качества добытой из целиков руды в результате выборочной их отработки выражился в сумме 338,2 тыс. руб. По окончании выемки участка произвели массовое принудительное обрушение для погашения пустот. Указанный выборочный метод принят для выемки запасов и на Центральном участке месторождения.

По данным Рыкова А. Т. (Рыков, 1969), в условиях Риддер-Сокольского месторождения возможно значительное систематическое снижение разубоживания руды путем оставления внутриблочных породных целиков. Фактическое разубоживание здесь достигает 32% и более. Анализ 20 отработанных крупных блоков показал, что разубоживающая масса на 80% состоит из пустой породы и на 20% из забалансовой руды. По большинству блоков средневзвешенное содержание металлов в

разубоживающей массе ниже, чем в хвостах обогатительной фабрики. Оставлением внутриблочных породных целиков на руднике имени 40-летия ВЛКСМ достигнуто следующее снижение разубоживания:

по блоку 31/2 — на 15% (с 38,5 до 32,7%),

по блоку 36/2 — на 26,5% (с 32 до 23,5%),

по блоку 32/2 — на 30% (с 36,6 до 25,6%).

Это обеспечило снижение затрат на добычу и переработку пород, отнесенных на 1 т рудной массы, ровно на 1 руб.

Основным содержанием «ортовой» системы разработки, применяемой на Березовском руднике им. С. М. Кирова на Урале, также является выборочная отработка лестничных золото-сульфидных жил, залегающих в слабоминерализованных дайках. Оставление межортовых колонок планируется в потери. Поэтому абсолютная величина потерь руды очень велика: плановые потери руды 47%, металла 22%.

Выборочная разработка от раздельной отличается тем, что отбивается один сорт (тип) руды и он одним потоком выдается из блока. Горные работы следуют за рудой, всемерно снижается прихват пустых пород. Пустые породы и забалансовые руды не отбивают и не обрушают. Главной областью применения рациональной выборочной разработки являются месторождения с очень сложной морфологией рудных тел, особенно с прерывистым и неравномерным оруденением.

На основании теоретических исследований и опытных работ для разработки Советского месторождения была предложена и затем принята к внедрению предельно гибкая система разработки горизонтальными слоями длинными блоками по простиранию с креплением и закладкой, с применением бетонных настилов и малогабаритного самоходного оборудования (рис. 8).

Рекомендация этой системы основана на: анализе морфологического строения рудных тел сложных месторождений; изучении резко неравномерного распределения металла в рудных телах; обобщении опыта оперативно-технического руководства очистными работами на шахте «Советская» и других шахтах; оценке устойчивости горного массива и положительном опыте применения легкой (штанговой) крепи; необходимости широкого применения рациональной выборочной выемки, как

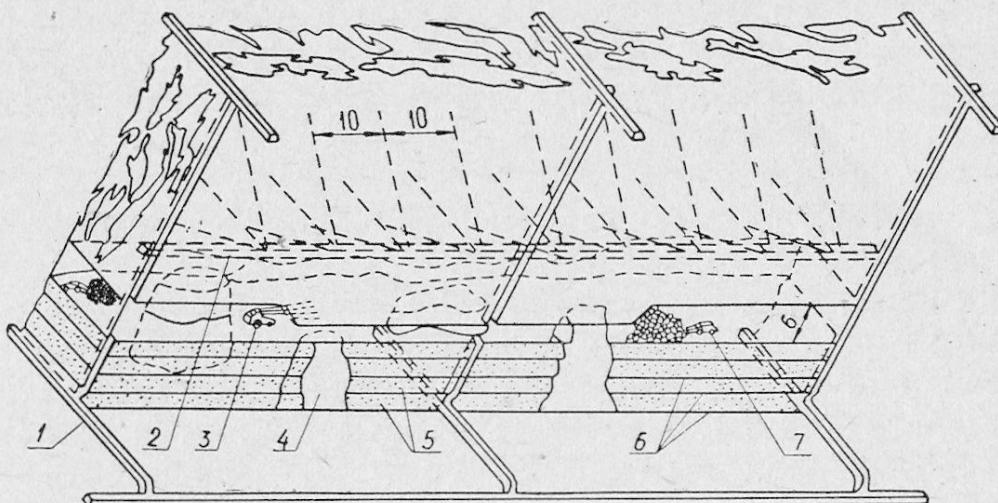


Рис. 8. Система разработки горизонтальными слоями с закладкой длинными блоками по простианию с оставлением нерегулярных внутриблочных породных целиков, 1 — разведочно-эксплуатационный квершлаг; 2 — подэтажный штрек для доразведки; 3 — самоходная буровая каретка; 4 — внутриблочный породный целик; 5 — гидравлическая или комбинированная закладка; 6 — бетонные настилы; 7 — погрузочно-доставочная машина

главного мероприятия по снижению конструктивного разубоживания руд; возможности резкого снижения потерь полезного ископаемого как в отбитом, так и в неотбитом виде; положительном опыте широкого применения систем разработки со слоевой выемкой и закладкой, с бетонными настилами и самоходным оборудованием на многих зарубежных и некоторых отечественных рудниках.

Сущность системы разработки длинными блоками по простианию с закладкой состоит в послойной выборочной выемке руды с оставлением внутриблочных нерегулярных целиков пустой породы. Очистная выемка на контуре слоя выполняется так, чтобы возможно полнее отработать ответвления промышленного оруденения с минимальным прихватом пустых пород. При этой системе реализуется важный принцип эффективной разработки сложных рудных месторождений: запасы эксплуатационного блока последовательно расчленяются на малые объемы — «кирпичики», и на основании оперативной информации (по величине коэффициента кварценосности, наличию видимого металла, по степени сульфидизации или по другим поисковым признакам) решаются

ется вопрос об отработке очередного «кирпичика» или оставлении его, т. е. имеет место оперативная выбраковка некондиционных руд и пустых пород в размерах, допускаемых горнотехническими условиями и технологическими параметрами.

Подготовительные работы отличаются простотой и заключаются в проходке откаточного штрека и восстанавливающих через 50 м по рудному телу. Рудный штрек на основном горизонте можно не проходить, а руду выдавать через рудоспуски на разведочно-эксплуатационные квершлаги (орты). Нарезные работы состоят в выемке «нулевого» слоя высотой 2—2,5 м. В зависимости от содержания металла рудную зону следует отрабатывать с уровня почвы или кровли откаточного горизонта.

Во всех случаях поддержание очистного пространства осуществляется оставляемыми породными целиками, иногда кострами из дерева, заполненными пустой породой, если из-за большой мощности богатого сплошного оруденения не представится возможности оставить породный целик.

Важнейшим средством поддержания очистного пространства, помимо оставляемых породных целиков, служит временное крепление забоя и боков очистного слоя извлекаемыми штангами.

Очистная выемка включает последовательное выполнение процессов отбойки руды горизонтальными шпурами, уборки руды и закладки отработанного слоя. Бурение шпуров глубиной до 1,8 м по сетке 1×1 м производится кареткой СБКН-2П, уборка руды — погрузочно-доставочной машиной типа ПДВ-2, МПДН-1 и т. п. Длина блока ограничивается только фактическим распространением оруденения. В зарубежной практике, например, длину блока по простирианию принимают до 1000 м (Современное состояние научных исследований в горнорудной промышленности. М., изд. ЦИИНЦветмета, 1972, стр. 77).

Закладка может быть как сухая, так и преимущественно гидравлическая обесшламленными хвостами обогащения. Для исключения потерь обогащенной рудной мелочи производится цементирование поверхности закладки на глубину 8—10 см или устраивается бетонный настил толщиной 5—6 см.

В ходе опытно-промышленных исследований и внед-

рения системы разработки длинными блоками установлены необходимые конструктивные и технологические параметры ее, в том числе: технология возведения бетонных настилов, размеры пролетов обнажений и внутриблочных целиков, конструкция, технология установки и несущая способность временных металлических штанг, конструкция рудопусков, схемы подготовки блоков и т. п. Опытными работами установлено, что комплекс мероприятий по управлению горным давлением обеспечивает полную безопасность людей и механизмов, находящихся в очистном забое, за счет активного воздействия на устойчивость контура очистного пространства, и предотвращает смещения боковых пород и поверхности. Увеличение жесткости закладочного массива при наличии в нем бетонных настилов и породных целиков способствует повышению устойчивости всей конструкции блока, снижает зону растягивающих напряжений в кровле очистного слоя.

Значительно повышается качество добытой руды. Так, в опытном блоке 44—С<sub>1</sub> содержание в добытой руде повысилось на 41% по отношению к среднему содержанию в контурах отрабатываемой зоны.

Система разработки длинными блоками принята в проекте «Модернизация систем разработки и подбор высокопроизводительных комплексов самоходного оборудования на Северо-Енисейском руднике», выполненном институтом Гипроцветмет в 1973 г. в соответствии с приказом министра цветной металлургии СССР.

Важным условием высокой эффективности системы разработки длинными блоками является гидравлическая закладка выработанного пространства.

## ВЫБОР МЕТОДА РАЗРАБОТКИ

За критерий оптимальности варианта метода разработки месторождения, представленного рудами резко различного качества, следует принять экономию общественного труда на использовании месторождения в целом. Как следует из обстоятельного исследования П. Я. Октябрьского (Октябрьский, 1973), этот критерий является более или менее общепризнанным для отраслей тяжелой промышленности, но среди специалистов нет согласия о составе необходи-

мых показателей, посредством которых можно было бы его выразить. В частности, это относится и к решению рассматриваемой задачи об очередности отработки богатых и бедных руд, т. е. задачи, возникающей при геолого-экономической оценке рудных месторождений и проектировании.

По мнению автора, оптимальный порядок вовлечения месторождения в народнохозяйственный оборот должен обеспечить наибольший экономический эффект в виде максимальной прибыли и высокой эффективности капитальных вложений и удовлетворять требованию наиболее полного использования запасов. Последнее требование, однако, не означает, что в условиях рассматриваемых месторождений руд резко различного качества следует немедленно добиваться высшего уровня извлечения полезного ископаемого. Это привело бы к излишним издержкам и потерям материальных, трудовых и финансовых ресурсов, а затем и к повышенным безвозвратным потерям природных богатств по экономическим причинам.

Развивая получивший всеобщее признание принцип члена-корр. АН СССР М. И. Агошкова о том, что далеко не во всех случаях оставление полезного ископаемого в недрах следует рассматривать как источник народнохозяйственного ущерба (Агошков, 1969 и 1972), на примере месторождений руд резко различного качества можно убедительно показать, что временное оставление в недрах бедных руд приводит к экономии народнохозяйственных средств, к росту общественно полезной производительности труда, заключающемуся в том, что... «меньшее количество труда приобретает способность произвести большее количество потребительной стоимости» (К. Маркс и Ф. Энгельс, Соч. т. XIX, стр. 282).

С учетом изложенного предлагается выбор оптимального варианта порядка разработки месторождения считать достаточно обоснованным при:

$$\begin{cases} D_t \rightarrow \max \\ E_t \rightarrow \max \\ k_{\text{нц}} \rightarrow \max \end{cases}, \quad (3)$$

где  $D_t$  — приведенная прибыль от промышленного использования месторождения;

$E_t$  — коэффициент эффективности капитальных вложений с учетом фактора времени;

$k_{нц}$  — коэффициент извлечения полезного ископаемого из недр (или коэффициент извлечения из недр промышленной ценности).

Достаточность комплекса условий (3) для выражения принятого критерия оптимальности подтверждается тем, что выбор порядка разработки рассматривается для одного и того же месторождения, представленного рудами резко различного качества.

В сумме приведенной прибыли находят отражение качество руды месторождения, интенсивность его использования во времени, эффективность затрат живого и овеществленного труда. Коэффициент эффективности капитальных вложений, хотя он и связан с показателем прибыли, следует определять отдельно в связи с тем, что объемы капитальных вложений и длительности инвестиционного процесса по вариантам существенно зависят от метода разработки месторождения. Наконец, выбор метода разработки будет неполным и некорректным, если в показателях эффективности не отразить степень использования месторождения за весь период его эксплуатации.

Принятые показатели эффективности позволяют достаточно полно учесть важные особенности решения крупных горно-экономических задач:

1) результаты решения распространяются на длительный период времени (до 20—30 и более лет);

2) годовые затраты и доходы в оцениваемых вариантах в течение всего или длительного периода времени неравномерны;

3) затраты и доходы не только неравномерны, но и разновременны, а между получением доходов и обеспечивающими их затратами существует значительный лаг времени;

4) наконец, эксплуатация природных богатств должна учитывать не только эффективное использование капитальных вложений и других ресурсов (трудовых, материальных), но и учитывать задачи рационального использования недр (Капустин, 1972).

В случае совместной разработки вся прибыль от использования месторождения, приведенная по фактору времени к моменту принятия решения о ме-

тогда эксплуатации месторождения, может быть определена по формуле:

$$D^I_t = \frac{D^I}{t^I} \sum_{j=\tau^I}^{t^I} B_j, \quad (4)$$

где

$\frac{D^I}{t^I}$  — среднегодовая прибыль от промышленного использования месторождения при совместной разработке;

$$\sum_{j=\tau^I}^{t^I} B_j = \frac{1}{(1+E_{\text{пп}})^{\tau^I+1}} + \frac{1}{(1+E_{\text{пп}})^{\tau^I+2}} + \dots + \frac{1}{(1+E_{\text{пп}})^{\tau^I+t^I}}, \quad (5)$$

$\tau^I$  — срок проектирования и строительства рудника при совместном методе разработки;

$t^I$  — срок отработки месторождения методом совместной выемки.

Вместо  $E_{\text{пп}}=0,08$  (Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений М., «Экономика», 1969) может быть принята  $vE_n$ , где  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;  $v$  — часть годового фонда экономии, направляемая в капитальное строительство.

Коэффициент эффективности капитальных вложений в случае валовой разработки месторождения определяется из выражения:

$$E^I_t = \frac{D^I_t}{t^I K^I_t}, \quad (6)$$

где  $D^I_t$  — приведенная прибыль, определяемая по формуле

$K^I_t$  — затраты на проектирование, строительство рудника и поддержание мощностей при эксплуатации, приведенные к моменту принятия решения о методе разработки месторождения и определяемые по формуле:

$$K^I_t = \sum_{s=1}^{\tau^I+t^I} K^I_s B_s, \quad (7)$$

где  $K^I_s$  — капиталовложения по годам проектирования, строительства и эксплуатации рудника;

$B_s = \frac{1}{(1 + E_{np})^s}$  — коэффициент приведения капитатрат  $s$ -го года к моменту оценки (Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. М., «Экономика», 1969).

Третий показатель, коэффициент извлечения из недр  $k_n$ , для однокомпонентных руд равен:

$$k_n = \frac{Da}{Bs} , \quad (8)$$

где  $D$  — количество добытой рудной массы, т;

$B$  — погашенные балансовые запасы, т;

$a, c$  — содержание металла в добытой рудной массе и в погашенных запасах, %.

Для многокомпонентных руд применение формулы (8) затруднительно. В этом случае полноту использования запасов месторождения отражает коэффициент извлечения из недр промышленной ценности  $k_{nq}$ , который равен отношению промышленной ценности добытой рудной массы к ценности руды в месторождении. Например, при совместной разработке он будет равен:

$$k_{nq}^I = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ 10^{-2} c_i (1 - r_i) \bar{U}_i \sum_{k=1}^m \varepsilon_{ik} f_{ik} \right]}{\sum_{i=1}^n \left[ 10^{-2} c_i \bar{U}_i \sum_{k=1}^m \varepsilon'_{ik} f'_{ik} \right]} = \frac{V^I}{V_{max}} , \quad (9)$$

где  $V_{max}$  — извлекаемая ценность 1 т балансовых запасов без учета потерь и разубоживания, руб/т;

$V^I$  — извлекаемая ценность руды при совместной разработке в расчете на 1 т балансовых запасов, руб/т;

$c_i$  — среднее содержание  $i$ -го полезного компонента во всех балансовых запасах, %;

$\varepsilon_{ik}$  — извлечение  $i$ -го полезного компонента в  $k$ -ый концентрат, доли единицы.

$$c_i = \frac{c_{1i}B_1 + c_{2i}B_2}{B_1 + B_2} ; \quad \varepsilon_{ik} < \frac{\varepsilon_{1ik}c_{1i}B_1 + \varepsilon_{2ik}c_{2i}B_1}{c_{1i}B_1 + c_{2i}B_2} . \quad (10)$$

$B_1, B_2$  — балансовые запасы соответственно богатых и бедных руд, т;

$c_{1i}$ ,  $c_{2i}$  — содержание  $i$ -го полезного компонента, %;  
( $i=1, 2, 3, \dots, n$ );

$\varepsilon_{1ik}$ ,  $\varepsilon_{2ik}$  — извлечение  $i$ -го полезного компонента в  $k$ -ый концентрат, доли единицы;  
( $k=1, 2, 3, \dots, m$ );

$f_{ik}$  — извлечение  $i$ -го полезного компонента при металлургическом переделе  $k$ -го концентрата, доли единицы;

$C_i$  — утвержденная оптовая цена  $i$ -го металла (или другого конечного промпродукта), руб/т;

$\varepsilon'_{ik}$  — извлечение  $i$ -го полезного компонента в  $k$ -ый концентрат из неразубоженной руды, доли единицы;

$f'_{ik}$  — извлечение  $i$ -го полезного компонента из  $k$ -го концентрата, полученного из неразубоженной руды, доли единицы;

$r_i$  — коэффициент потерь  $i$ -го металла при добыче, доли единицы.

В табл. 5 приведены формулы для расчета принятых показателей критерия оптимизации. Здесь  $t^I$ ,  $t^{II}$ ,  $t^{III}$  и  $t^{IV}$  — продолжительности отработки месторождения, соответствующие принятому варианту порядка эксплуатации (методу разработки);  $t^{III}_1$ ,  $t^{III}_2$ ,  $t^{IV}_1$  и  $t^{IV}_2$  — продолжительности очередей отработки месторождения;  $t^I$ ,  $t^{II}$  и т. д. — сроки проектирования и строительства рудника по вариантам;  $t^{III}_1$ ,  $t^{IV}_1$  — сроки проектирования и строительства первой очереди рудника по вариантам;  $\omega$  — доля богатых руд, извлекаемых в первую очередь.

Таким образом, сущность предлагаемой общей методики выбора экономически эффективного варианта разработки месторождений руд резко различного качества заключается в следующем. Первоначально на основе системного анализа горно-геологических и технологических факторов следует наметить возможные варианты порядка (методы) разработки месторождения. Затем принятые варианты подвергаются экономическому сравнению по трем показателям: приведенной прибыли, коэффициенту эффективности капитальных вложений и коэффициенту извлечения из недр промышленной ценности. В результате сравнения к реализации принимает-

Таблица 5

**Основные зависимости для выбора оптимального порядка разработки месторождений руд резко различного качества**

Методы разработки	Показатели критерия оптимизации		Формулы
	1	2	
I. Совместный	Приведенная прибыль		
	Коэффициент эффективности капитальных вложений	$D_t^I = \frac{D^I}{t^I} \sum_{j=t^I}^{t^I} B_j,$ (4)	
	Коэффициент извлечения из недр промышленной ценности	$E_t^I = \frac{D_t^I}{t^I K_t^I},$ (6)	
		$k_{\text{нп}}^I = \frac{v^I}{v_{\max}}$ (9)	
II. Раздельный	Приведенная прибыль		
	Коэффициент эффективности капитальных вложений	$D_t^{II} = \frac{(d_1 B_1 + d_2 B_2)}{t^{II}} \sum_{j=t^{II}}^{t^{II}} B_j$ (11)	
	Коэффициент извлечения из недр промышленной ценности	$E_t^{II} = \frac{D_t^{II}}{t^{II} K_t^{II}}$ (12)	
		$k_{\text{нп}}^{II} = \frac{(v_1^{II} B_1 + v_2^{II} B_2)}{v_{\max} (B_1 + B_2)}$ (13)	

## Продолжение таблицы 5

1	2	3
III. Раздельно-разновременный с сохранением статического равновесия подрабатываемых бедных руд (1 очередь — рациональная опережающая выемка богатых руд; 2 очередь — последующая разработка)	Приведенная прибыль (в случае, если между очередями разработки нет перерыва)	$D_{t^{III}} = \frac{d_1 \omega B_1}{t_1^{III}} \sum_{j=t_1^{III}}^{t_1^{III}} B_j +$ $+ \frac{d_1(1-\omega)B_1 + d_2 B_2}{t_2^{III}} \sum_{x=t_1^{III}}^{t_2^{III}} B_x \quad (14)$
	Коэффициент эффективности капитальных вложений	$E_{t^{III}} = \frac{D_{t^{III}}}{t^{III} K_{t^{III}}} \quad (15)$
	Коэффициент извлечения из недр промышленной ценности	$k_{\text{нц}}^{III} = \frac{v_1^{III} B_1 + v_2^{III} B_2}{v_{\max}(B_1 + B_2)} \quad (16)$
IV. Раздельно-разновременный без сохранения статического равновесия подрабатываемых бедных руд (1 очередь — первичная отработка богатых руд; 2 очередь — повторная разработка)	Приведенная прибыль (в случае, если между первичной и повторной разработкой нет разрыва во времени)	$D_{t^{IV}} = \frac{d_1 B_1}{t_1^{IV}} \sum_{j=t_1^{IV}}^{t_1^{IV}} B_j +$ $+ \frac{d_2 B_2}{t_2^{IV}} \sum_{y=t_1^{IV}}^{t_2^{IV}} B_y \quad (17)$

## Окончание табл. 5

1	2	3
	Коэффициент эффективности капитальных вложений	$E_{t^{IV}} = \frac{D_{t^{IV}}}{t^{IV} K_{t^{IV}}} \quad (18)$
	Коэффициент извлечения из недр промышленной ценности	$k_{\text{нц}}^{IV} = \frac{v_1^{IV} B_1 + v_2^{IV} B_2}{v_{\max}(B_1 + B_2)} \quad (19)$

ся вариант с максимальными значениями названных показателей.

По расчетам, выполненным для трех различных типов месторождений (пологопадающая дифференцированная залежь, крутопадающие оруденелые зоны с богатыми жилами и чрезвычайно сложное по морфологии рудносных зон месторождение с крайне неравномерным распределением полезного компонента), установлено, что менее эффективным является совместный метод разработки, а наиболее выгодны разновременная разработка для первых двух типов месторождений и рациональный выборочный метод — для третьего типа.

Следует отметить, что к аналогичному выводу пришли Прокофьев В. П. и Кауфман Л. А. (Прокофьев, Кауфман, 1969) и Стрекачинский Г. А. (Стрекачинский, 1969), исследуя вопросы выбора экономически эффективного порядка отработки угольных пластов с «лучшими» и «худшими» условиями. Заметим еще, что изменчивость условий залегания углей намного уступает таковой на рудных месторождениях, а это значит, что на угольных месторождениях объективно меньше возможностей маневрирования качеством добываемого полезного ископаемого.

Как указывалось ранее, технологические схемы разработки месторождений руд резко различного качества отличаются большой сложностью и гибкостью. Даже три твердо установленных кондиции на богатые и бедные руды в широких пределах могут меняться такие факторы, как доля богатых руд, добываемых в первую очередь (на стадии опережающей выемки богатых руд), интенсивность отработки богатых и бедных руд, параллельная, последовательная или комбинированная отработка руд различных типов и сортов и т. д. Отсюда большое количество вариантов решений о порядке разработки таких месторождений.

Изучение опыта проектирования и эксплуатации ряда рудников, исследования и расчеты показали, что применительно к месторождениям руд резко различного качества всегда существует оптимальный вариант порядка его разработки, то есть вариант, удовлетворяющий формулам (3).

В табл. 6, составленной по правилам символической логики, показаны теоретически возможные комбинации

Таблица 6

**Теоретически возможные комбинации знаков  
показателей эффективности**

Показатели	Условные обозначения	Комбинации знаков (варианты)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Приведенная прибыль $D_t$		+	+	+	+	-	-	-	-
Коэффициент эффективности капитало-вложений $E_t$		+	+	-	-	+	+	-	-
Коэффициент извлечения из недр промышленной ценности $k_{ип}$		+	-	+	-	+	-	+	-

**Примечание.** (+) — значение показателя максимальное,  
(-) — значение показателя не максимальное.

знаков показателей эффективности, соответствующие некоторым вариантам порядка разработки.

Из анализа табл. 6 следует, что только в специфических условиях (по политическим, оборонным, конъюнктурным или другим соображениям, например, при отсутствии запасов какого-либо полезного ископаемого или при отсутствии перспектив на открытие месторождений данного полезного ископаемого), а также для решения некоторых социальных задач могут быть приняты к реализации варианты 2—7. Вариант 8 не может быть оправдан никакими особыми обстоятельствами как явно неэффективный.

Если же решение принимается по условию только экономической эффективности производства, то оптимальным будет вариант 1.

Все случаи наших расчетов обоснования рационального порядка разработки конкретных месторождений руд резко различного качества показали, что двухочередная разработка выгодна по всем трем показателям. Применительно к сложным месторождениям наиболее эффективным оказывается рациональный выборочный метод разработки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В решении стоящих перед цветной металлургией задач большую роль играет долговременная тенденция повышения качества руд, добываемых подземным способом. Важным направлением реализации этой тенденции является научно обоснованный выбор оптимального порядка (метода) разработки широко распространенных в природе месторождений, представленных рудами резко различного качества.

Как показали исследования, при одинаковых запасах руды и металла месторождения руд резко различного качества оказываются более ценными, чем месторождения с относительно равномерным оруденением. По сравнению с совместной (валовой), двухочередная (раздельно-разновременная) разработка таких месторождений во многих случаях оказывается более эффективной: выше прибыль, меньше непроизводительные затраты общественного труда, меньше производственный риск, выше полнота и комплексность использования богатств недр. Например, дополнительный эффект от раздельно-разновременной разработки Талнахского месторождения в поле рудника «Маяк» по сравнению с совместной выемкой составил около одного миллиарда рублей.

В связи с большими требованиями в отношении капитальныхложений в горной промышленности постоянно актуальной проблемой является правильная оценка целесообразности капитальных затрат. Проблема повышения эффективности капитальных вложений на освоение месторождений может быть удовлетворительно решена за счет правильного использования объективного природного фактора — наличия в месторождении руд резко различного качества. Учет этого фактора не противоречит и не препятствует использованию для тех же целей достижений научно-технического прогресса и других общественных факторов производства.

Богатые руды в рассматриваемых месторождениях могут быть либо в явном виде (их легко установить и оценить при разведке), либо в скрытом (вычленение богатых руд при разведке невозможно). В связи с этим методы подземной разработки месторождений руд резко различного качества различаются по количеству стадий

отработки запасов, технологии работ, состоянию массива бедных руд и вмещающих пород после выемки богатых руд (см. табл. 1).

Эффективный метод разработки месторождения может быть выбран по предложенной методике. Методика рекомендуется к применению при геологопромышленной оценке месторождений, при проектировании рудников и подготовке технико-экономических обоснований.

Для совершенствования проектов строительства и реконструкции подземных рудников рекомендуется:

а) на стадии предпроектной оценки месторождения рассматривать варианты двухочередной (раздельно-разновременной) или рациональной выборочной разработки;

б) в техническом проекте опережающей выемки богатых руд конструктивные параметры систем предварительной и последующей разработки рассматривать как взаимозависимые. Этим обеспечивается комплексность проектирования управления горным давлением при очистной выемке;

в) учитывая, что исходные данные для проектирования, особенно в части горно-геологических и горнотехнических условий, всегда неполны, в проектах следует преимущественно выбирать современные системы разработки с закладкой (камерно-целиковые с твердеющей закладкой; горизонтальными слоями с гидравлической, комбинированной или твердеющей закладкой), при которых обеспечивается статическое равновесие бедных руд и вмещающих пород. Особено большими возможностями обладают слоевые системы разработки с закладкой и с применением погрузочно-доставочных машин. При использовании этого вида оборудования легко сохранить близким к природному качество добываемой рудной массы и достичь высоких показателей эффективности разработки в целом;

г) проектировать освоение месторождения только очередями. При составлении проекта строительства или реконструкции рудной шахты, разрабатывающей весьма сложное месторождение, темпы прироста годовой производительности принимать небольшими, сохраняя на возможно высоком уровне качество товарной руды. В связи с этим целесообразно обогатительные фабрики развивать наращиванием параллельных секций, соответ-

ствующих приросту производственной мощности и количеству технологических типов добываемой руды.

При практическом использовании предложенной методики необходимо составлять варианты календарного плана разработки месторождения, соответствующие методам разработки, и сопоставлять с ними показатели эффекта и затрат в виде динамических рядов, то есть по годам (периодам) эксплуатации. Для принятия правильного решения относительно месторождений цветных металлов вполне достаточно иметь расчетный период оценки не более 20—25 лет.

## ЛИТЕРАТУРА

Агошков М. И., Малахов Г. М. Подземная разработка рудных месторождений. М., «Недра», 1966.

Агошков М. И. Технико-экономическая оценка полноты и качества извлечения при добыче твердых полезных ископаемых. М., изд. ВИНИТИ, 1969.

Агошков М. И. Научные основы оценки экономических последствий потерь полезных ископаемых при разработке месторождений. М., изд. СФТГП ИФЗ АН СССР, 1972.

Барон Л. И. О повторной разработке рудных месторождений. В кн. «Научные сообщения. Институт горного дела АН СССР», вып. 7, М., Госгортехиздат, 1961.

Губарев В. С. Атомные города. М., Атомиздат, 1968.

Загиров Н. Х., Зверьков В. И., Ковалев В. К. Оценка геологических параметров сложного месторождения для выбора систем разработки при реконструкции рудника. В сб. «Научное совещание по теории и опыту проектирования подземных рудников», ч. 2. М., изд. СФТГП ИФЗ АН СССР, 1972.

Зверьков В. И. О порядке разработки месторождений руд резко различного качества. В сб. «Геология и горное дело», вып. 4. Красноярск, 1970.

Зверьков В. И. Опережающая выемка богатых руд. «Цветная металлургия», 1973, № 8.

Исамухамедов У. А. и др. Опыт разработки целиков в условиях месторождений со сложной морфологией рудных тел. В сб. «Разработка месторождений руд цветных металлов», № 2, Средазнипроцветмет, Ташкент, 1970.

Истомин С. Ю., Ковалев И. А. Шахты в море. М., «Наука», 1969.

Каплунов Р. П. Подземная разработка рудных месторождений в зарубежных странах. М., «Недра», 1966.

Капустин В. П. Исследование влияния ценности полезно-

го ископаемого на оптимальные параметры карьера. Автореф. канд. дисс. Свердловск, 1972.

Колегов А. А. Исследование несущей способности искусственных опор при разработке рудных месторождений с твердеющей закладкой (на примере Норильских рудников). Автореф. канд. дисс. М., 1970.

Костиц В. Н. и др. Предприятия Медного пояса Замбии. М., изд. ЦИИНЦветмета, 1971.

Кудрявцев Ю. А. Некоторые вопросы методики опробования месторождений золота с крайне неравномерным распределением полезного компонента (на примере золоторудных месторождений Енисейского кряжа). Автореф. канд. дисс. Свердловск, 1972.

Куликов В. В. Совместная и повторная разработка рудных месторождений, 2-е изд. М., «Недра», 1972.

Левицкий А. В. К вопросу о разработке обогащенных боковых пород при наличии ранее выработанных жил. В сб. науч. тр. Моск. ин-та цв. мет. и зол. им. М. И. Калинина, вып. 9. М., Металлургиздат, 1940.

Октябрьский П. Я. Сущность и критерий экономической эффективности общественного производства. Изд. Ленинградск. ун-та, 1973.

Петренко А. А., Иванов В. Г. Разработка месторождений с опережающей выемкой богатых руд на большой глубине. М., «Недра», 1972.

Полищук А. К. Теоретические основы повторной разработки железорудных месторождений открытым способом. Автореф. док. дисс. Л., 1971.

Попов Г. Н., Лобанов Д. П. Разработка месторождений радиоактивных руд. М., Атомиздат, 1970.

Прейскурант № 02-02. Оптовые цены на руды, концентраты и полуфабрикаты цветной металлургии. М., Прейскурантгиз, 1969.

Прокофьев В. П., Каuffman A. L. К вопросу выбора экономически эффективного порядка отработки свиты пологих пластов. «Разработка месторождений полезных ископаемых». Респ. межведомств. науч.-тех. сб., вып. 16. Киев, «Техника», 1969.

Пути повышения производительности горных предприятий. Сб. тр. Всесоюзной межвузовской научной конференции (1960). М., «Высшая школа», 1962.

Рыков А. Т. Повышение эффективности систем с массовым обрушением при разработке сложных рудных тел Риддер-Сокольского месторождения. Автореф. канд. дисс. Алма-Ата, 1969.

Семёвский В. Н., Галаев Н. З., Зверьков В. И. О порядке отработки богатой части пологих рудных залежей. «Горный журнал», 1966, № 4.

Современное состояние научных исследований в горнорудной промышленности. М., изд. ЦИИНЦветмета, 1972.

Стрекачинский Г. А. Экономическая оценка очередности разработки различных запасов угля, «Физико-техни-

ческие проблемы разработки полезных ископаемых», 1969, № 4.

Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. М., «Экономика», 1969.

Цветная металлургия СПА. М., изд. ЦИИНЦветмета, 1972.

Чесноков М. И., Петровов А. А. Система разработки месторождений урановых руд. М., Атомиздат, 1972.

Шашурина С. Л. Повторная разработка месторождений руд цветных и редких металлов. М., Госгортехиздат, 1962.

Шупиков В. А. Добыча и переработка сурьмяных руд на Кадамджайском комбинате. «Горный журнал», 1973, № 2.

Щелканов В. А. Комбинированная разработка рудных месторождений. М., «Недра», 1974.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
Опыт разработки месторождений руд резко различного качества . . . . .	4
Методы разработки месторождений руд резко различного качества . . . . .	20
Двухочередная разработка рудных месторождений	25
Рациональная выборочная разработка . . . . .	39
Выбор метода разработки . . . . .	47
Заключение . . . . .	58
Литература . . . . .	61

---

Виктор Иванович Зверьков

### Эффективность методов подземной разработки месторождений руд резко различного качества

Редактор Р. Иванова  
Художественный редактор М. Живило  
Технический редактор К. Королева  
Корректор Л. Алексеева

Сдано в набор 12/IV-1976 г. Подписано к печати 21/X-1976 г.  
Объем 3,54 уч.-изд. л., 3,36 усл. печ. л. Формат 84×108<sup>1/32</sup>.  
Заказ 241. Тираж 1500 экз. Цена 35 коп. АЛ10356.

Красноярское книжное издательство.  
г. Красноярск, пр. Мира, 89.  
Типография «Красноярский рабочий»,  
г. Красноярск, пр. Мира, 91