

Министерство образования Российской Федерации
Московская государственная геологоразведочная академия
имени С.Орджоникидзе

П.П.Ясковский

**ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ПРИ
ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Избранная лекция для студентов геологов и экономистов по курсу

"Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений
полезных ископаемых"

Москва - 2001

П.П.Ясковский

Горно-геологические условия при оценке месторождений.

Избранная лекция по курсу "Разведка и геолого-

Экономическая оценка месторождений полезных

ископаемых". М., МГГА, 2001. - 37с.

В учебном пособии охарактеризованы способы разработки месторождений и их особенности, которые необходимо учитывать при оценке объектов. Рассмотрены главные факторы, определяющие горно-геологические условия эксплуатации: морфология рудных тел, изменчивость содержания, мощность, глубина залегания и обводненность месторождений. Показано влияние этих факторов на геолого-экономическую оценку.

Пособие предназначено для студентов геологов и экономистов, обучающихся по специальностям 080200 и 060800.

© П.П.Ясковский, ~~2001~~

Содержание

Предисловие.	4
Вместо введения	5
1. Способы разработки месторождений	7
1.1 Открытая геотехнология	7
1.2 Подземная геотехнология	8
1.3 Скважинная геотехнология	9
1.4 Комбинированная геотехнология	10
1.5. Показатели качества горных работ.	10
2. Факторы, определяющие горно-геологические условия отработки месторождений	14
2.1 Морфология рудных тел	14
2.2 Изменчивость содержания полезных компонентов.	18
2.3 Мощность рудных тел	22
2.4 Глубина залегания рудных тел	24
2.5 Обводненность месторождения	29
2.6 Другие факторы	34
Заключение.	35
Литература	36

Предисловие

Работа подготовлена не благодаря каким-либо фондам, грантам или спонсорской поддержке, а скорее им вопреки. Она целиком выполнена по личной инициативе с помощью "семейного подряда". В.В. и Э.П. Ясковские помогли реализовать этот образовательный проект, отдавая ему свое время и силы. Их самопожертвование может оценить только автор.

Большую помощь в работе с литературой оказали сотрудники библиотеки МГГА. Всем им - моя признательность и искренняя благодарность.

П.П. Ясковский.

Москва. Тропарево, июнь 2001.

Вместо введения

В начале приведем высказывания четырех, каждого по-своему, выдающихся геологов о роли горно-геологических условий эксплуатации при оценке месторождений.

"Горняк должен, таким образом, выбирать место для горных работ в местности гористой, но пологой, лесистой, здоровой, безопасной, недалеко отстоящей от реки или ручья, к которым добытая руда могла бы подвозиться для мойки или плавки, и притом легкодоступной. Такое местоположение для рудника является наилучшим..."

Г. Агрикола. О горном деле и металлургии в двенадцати книгах. М., Изд. АН СССР., 1962. С. 48. Перевод книги, изданной на латыни в 1556г. в городе Базель.

"Между геологией и технологией находится огромная область горного дела, о которой геологу-разведчику и нужно более всего думать. Поэтому в процессе поисковой и разведочной работы нельзя забывать о том, что геолог, так сказать, работает на горняка".

В.М Крейтер. Поиски и разведки полезных ископаемых.

М.-Л., Госгеолтехиздат, 1940, с.21.

"Количественная и качественная оценка запасов минерального сырья на более или менее сложных месторождениях не может быть дана в отрыве от условий эксплуатации"

Е.О. Погребницкий, В.И. Терновой. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых Л., Недра, 1974. с.7.

Трудно что-либо добавить к этим высказываниям. Пожалуй, отметим одно: если они заставили задуматься, то автор приглашает к прочтению этой лекции. Может быть, она прибавит что-то новое к Вашим знаниям. Тогда будем считать, что труд автора не пропал даром.

Горно-геологические условия и оценка месторождений

Горно-геологические условия включают в себя характеристики, определяющие выбор способов (систем) разработки месторождений и влияющие на экономические показатели работы добывающего предприятия.

Раздел 1. Способы разработки месторождений.

Среди способов разработки месторождений выделяют:

1.1 Открытая геотехнология (по новой классификации горных наук - физико-техническая открытая геотехнология, Горные науки ... 1997).

Главным элементом открытой геотехнологии является карьер, который позволяет отрабатывать месторождения, залегающие *вблизи земной поверхности*. Проектные глубины карьеров обычно составляют 200-400 м, иногда - более.

При открытой отработке появляется возможность использования высокопроизводительной горной техники: роторных экскаваторов, большегрузных автосамосвалов, железнодорожного транспорта, конвейерных линий и др. Это позволяет доводить годовую производительность карьеров до десятков млн.т. Так, например, на Лебединском ГОКе (КМА) в 1990г. было добыто сырой руды 43,3 млн.т. В настоящее время в России с помощью карьеров извлекается около 90% железной руды, 60% руд цветных металлов и угля, почти 100% алмазосодержащих руд и сырья для производства строительных материалов.

1.2 Подземная геотехнология (физико-техническая подземная геотехнология).

Основными элементами подземной геотехнологии являются вскрывающие (стволы, уклоны, съезды, штольни), подготовительные (квершлагги, восстающие, штреки) и очистные выработки (лавы, ленты). Эти горные выработки позволяют отрабатывать месторождения *на относительно больших глубинах*. Достаточно обычными являются шахтные стволы протяженностью 500-1000м. Максимальные глубины отмечаются для подземных выработок, добывающих золото. район Витватерсранд (ЮАР) рудник "Western-deep-levels" (4000м).

В процессе проведения подземных эксплуатационных работ используются специальные технологии и горная техника: многочисленные и разнообразные системы разработки, очистные комплексы, модульные конструкции машин, самоходное оборудование, конвейеры, вибрационные установки. Они позволяют эффективно добывать многие виды полезных ископаемых, прежде всего, с высоким качеством (коксующийся уголь, богатые железные и фосфатные руды) или с большой ценностью минерального сырья (цветные, редкие и благородные металлы). В России крупные подземные рудники отрабатывают месторождения: железа - Песчанское (Урал), Коробковское (КМА); алюминия - СУБР (Урал); апатита - Хибинская группа (Кольский п-ов); меди и никеля - Талнах, Октябрьское (Норильск); калийных солей - Верхнекамское (Предуралье). Уникальное Верхнекамское месторождение в настоящее время отрабатывается шестью подземными рудниками на глубинах 140-420м. Проектная

производственная мощность каждого рудника колеблется от 4 до 14 млн т в год

Главной особенностью физико-технической технологии является то, что извлечение полезного ископаемого из недр происходит *без изменения его химического состава с помощью открытых или подземных горных выработок*

1.3 Скважинная геотехнология (физико-химическая геотехнология)

Основывается на извлечении полезного ископаемого из недр через специальные скважины (дренажные выработки). При использовании этого способа разработки полезное ископаемое *изменяет свое химическое, физическое или агрегатное состояние*. К особым способам скважинной разработки относится добыча жидких и газообразных видов минерального сырья (нефть, газ, вода). В данном курсе они не рассматриваются.

Ведущим элементом физико-химической геотехнологии, как правило, являются скважины. Через них осуществляется воздействие на рудные образования в недрах, перевод твердого полезного ископаемого в подвижную форму и выдача продуктивного флюида на поверхность. Среди основных физико-химических методов, применяемых при скважинном способе отработки, известны: растворение, выщелачивание, бактериальное воздействие, сжигание, плавление, гидродезинтеграция.

Физико-химическая геотехнология используется при добыче многих видов минерального сырья (Аренс, 1986). С ее помощью осуществляется: растворение солей; выплавка серы (метод Фраша); выщелачивание урана, меди, золота; газификация угля и сланцев, гидродобыча песка, фосфоритов, железных руд. Скважинные

системы позволяют извлекать полезные ископаемые, залегающие в особенно сложных горно-геологических условиях (повышенная водонасыщенность, газоносность пород, их слабая устойчивость) и на достаточно больших глубинах (многие сотни метров). На Светлоярском соляном месторождении (Поволжье) глубина рассолодобычных скважин достигает 1700м. Важно отметить, что скважинный способ, в отличие от открытого и подземного, осуществляется в недрах без присутствия человека.

1.4 Комбинированная геотехнология

Комбинированный способ заключается в сочетании карьера и подземного рудника или физико-технической и физико-химической геотехнологии. В настоящее время нет универсального способа разработки, каждый эффективен в своей горной среде. Для многих протяженных и крупных месторождений горно-геологические условия сильно меняются с глубиной (на флангах). В этих случаях целесообразным становится комбинированный способ отработки, который используется на Норильском, Хайдарканском, Лениногорском, Гайском и других комбинатах.

Особенно широко комбинированная геотехнология применяется на Приаргунском горно-химическом комбинате. В процессе эксплуатации урановых месторождений Стрельцовского рудного поля (Забайкалье) там использовали открытый и подземный способы отработки, а также технологию кучного выщелачивания. К 2005-2007г.г. планируется внедрить подземное выщелачивание бедных руд в эксплуатационных блоках (Лопатин и др., 1999).

1.5 Показатели качества горных работ

В процессе проведения эксплуатационных работ из-за неоднородности горно-геологической среды (извилистость границ

рудного тела, прерывистость его внутреннего строения, изменчивость свойств вмещающих пород и руд) возникают эффекты *разубоживания и потерь*. Эти показатели являются одними из основных, характеризующих качество работы горнодобывающего предприятия.

Разубоживание связано с примешиванием пустых пород к извлекаемой рудной массе (рис.1). В результате такого техногенного "засорения" среднее содержание в добываемой рудной массе становится ниже, чем содержание в балансовых запасах (в недрах). Разубоживание характеризуется коэффициентом разубоживания P (Букринский, 1985)

$$P = \frac{C_N - C_d}{C_N} \cdot 100\%,$$

где C_N - содержание полезного компонента в балансовых запасах в недрах,

C_d - содержание полезного компонента в добытой рудной массе.

В зависимости от особенностей горно-геологической среды, способа и системы разработки величина P изменяется от 2-3 до 60-70%. Коэффициент разубоживания минимален при селективной отработке простых рудных тел. Максимальные значения P характерны для месторождений со сложным строением залежей, которые отрабатываются массовыми системами.

Появление *потерь* связано с тем, что в процессе разработки по разным причинам не удастся извлечь полезное ископаемое полностью (рис. 1). Часть запасов остается за контуром отработки.

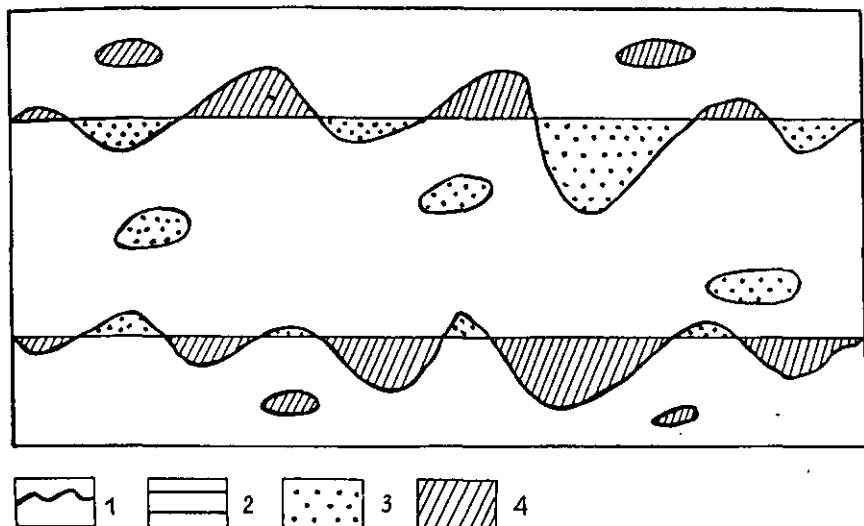


Рис. 1 Схема, показывающая влияние неоднородности горно-геологической среды, на возникновение эффектов разубоживания и потерь при добыче полезного ископаемого

- 1 - контур рудного тела,
- 2 - контур отработки,
- 3 - площади пустых пород в контуре отработки,
- 4 - площади рудного тела за контуром отработки

Количественно величина потерь оценивается коэффициентом потерь Π (Букринский, 1985)

$$\Pi = \frac{Z_r}{Z_d} 100\%$$

где Z_r - запасы теряемые,

Z_d - запасы добытые.

В зависимости от горно-геологических условий, способа и систем разработки значение коэффициента потерь Π изменяется от 2-3 до 50% и более. Наименьшие потери присущи открытой физико-технической геотехнологии, а наибольшие характерны для подземного способа разработки.

Обычно между потерями и разубоживанием существует обратная зависимость: чем меньше потери, тем больше разубоживание и наоборот. Иными словами, за все приходится платить. Если мы хотим отработать рудное тело с небольшими потерями, то придется быть готовым к снижению качества в добываемой горной массе за счет повышенного разубоживания. В другом случае, стремясь получать руду с минимальным разубоживанием, не избежать возрастания потерь.

Обобщая изложенный материал, сформулируем одно следствие, которое необходимо учитывать при оценке месторождений. В процессе эксплуатации (из-за явлений разубоживания и потерь) качество и количество добываемого минерального сырья всегда будет с дефицитом по сравнению с показателями,

определенными в недрах по результатам геологоразведочных работ.

Каждый из рассмотренных способов разработки имеет свои достоинства и недостатки. Например:

- *Открытая геотехнология* - высокая производительность, но относительно небольшие глубины отработки и существенный экологический ущерб;
- *Подземная геотехнология* - освоенная отработка на больших глубинах, но значительные потери полезного ископаемого в недрах и тяжелые условия труда;
- *Скважинная геотехнология* - возможность извлечения полезных компонентов в сложных горно-геологических условиях, но необходимость особых предпосылок для создания подвижного флюида.

Раздел 2. Факторы, определяющие горно-геологические условия отработки месторождений

Достоинства и недостатки разных способов разработки тесно связаны с определенными горно-геологическими условиями. Последние также оказывают решающее влияние на выбор и технико-экономические показатели систем разработки. Среди основных горно-геологических условий отметим:

2.1 Морфология рудных тел.

По форме среди рудных тел выделяют следующие основные группы:

- уплощенные (пласты, жилы),
- изометричные (штокверки, штоки),

и удлиненные (трубы, ленты).

Пласты обычно имеют пологое падение. В зависимости от глубины залегания они отрабатываются открытым, подземным или скважинными способами. Жилы, наоборот, протягиваются на большие глубины и поэтому, как правило, для них применяется подземная геотехнология. Штокверки чаще отрабатываются открытым и реже подземным способами. Для труб в зависимости от их протяженности используются как открытые, так и подземные геотехнологии. Во всех случаях возможны комбинированные способы разработки.

Морфологический тип рудных тел по данным разведочных работ обычно устанавливается достаточно надежно. Однако, из-за сложности строения и относительно редкой сети пересечений *контуры оруденения в большинстве случаев представляются более крупными и простыми, чем они являются на самом деле* При значительном расхождении приходится изменять ранее выбранную систему разработки и переходить от высокопроизводительных массовых к более затратным селективным системам. Если этого не сделать, то добываемая рудная масса будет крайне разубоженной и не пригодной для дальнейшей переработки. Такой пример был описан М.В.Шумилиным (1988) на Чонкойском ртутном месторождении (Кыргызстан). В обоих случаях недооценка морфологии рудных тел приводит к большому экономическому ущербу.

Важной характеристикой любого рудного тела является сложность его строения. Она проявляется в виде раздувов, пережимов, апофиз, ветвлений, заливов; окон, изолированных гнезд,

расщеплений и др. Перечисленные морфологические элементы повышают извилистость контура и оказывают большое влияние на показатели разубоживания и потерь. Поэтому при оценке месторождений действует общая закономерность: чем сложнее строение рудного тела, тем значительней при его отработке разубоживание и потери (рис. 2).

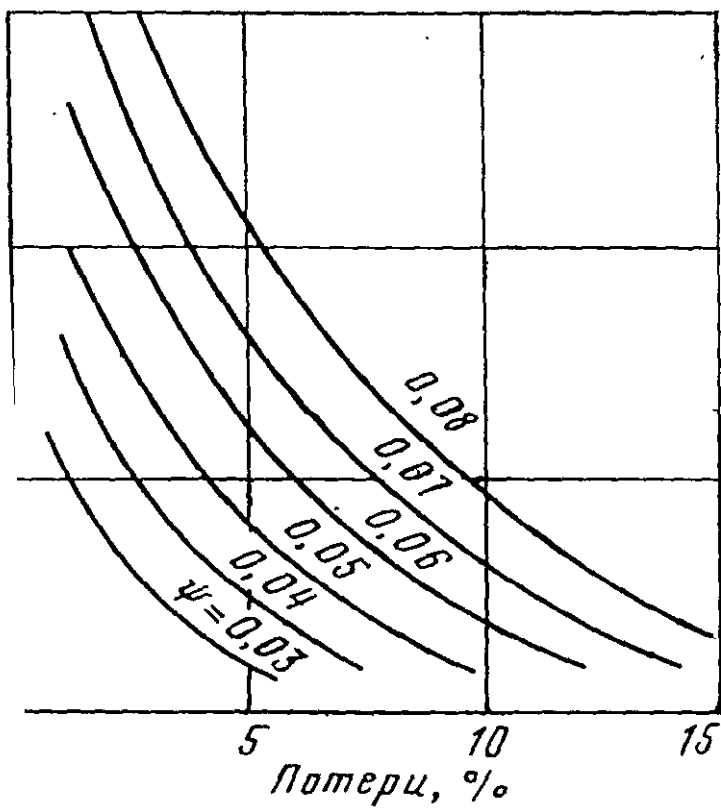
Для многих месторождений с прерывистым характером оруденения сложность строения ассоциирует с особым показателем - коэффициентом рудоносности - K_p

$$K_p = V_p / V_0$$

Коэффициент рудоносности определяет долю объема руды V_p в общем рудоносном объеме V_0 . Он широко используется при подсчете запасов и предполагает, что в процессе эксплуатации руда и пустая порода будут извлекаться отдельно. В этом случае, чем сложнее строение подсчетного блока (меньше K_p), тем себестоимость добычи 1т руды будет больше.

Так для штокверковых медно-молибденовых месторождений Ю.И.Королев (1975) приводит следующие данные:

K_p	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Относительная себестоимость	1,00	1,03	1,09	1,15	1,23	1,35	1,52	1,82	2,40	4,15



: 2 Зависимость разубоживания и потерь от показателя сложности (ψ)
 для месторождений, разрабатываемых открытым способом
 (по Б. П. Юматову и др., 1987)

2.2 Изменчивость содержания полезных компонентов.

Характерным природным свойством рудных залежей является изменчивость качества и прежде всего содержаний полезных компонентов. Даже для рядом расположенных проб результаты анализов могут отличаться во много раз. Такое явление объясняется как неоднородностью вмещающей среды, так и нестабильностью протекания рудообразующих процессов. Одним из самых распространенных статистических показателей, оценивающих общий уровень изменчивости содержания, является коэффициент вариации - V_C

$$V_C = \frac{\sigma}{C} \cdot 100\%$$

σ - среднеквадратичное отклонение,

C - среднее значение содержания.

Большинство месторождений по данным разведочного опробования имеет достаточно высокие значения V_C . Его величина колеблется от 10-20% для крупных пластовых месторождений до 300% и более у месторождений с рудными скоплениями в виде небольших гнезд (пьезосырье, золото, ртуть). Для некоторых ртутных месторождений Средней Азии, относящихся к секущему типу, отмечаются коэффициенты вариации 600-800% (Зималина, 1992).

В процессе добычи полезных ископаемых изменчивость содержаний из-за внутрирудничного перемешивания соответственно снижается. Однако, и в этом случае V_c остается довольно большим. Например, на месторождениях цветных металлов коэффициент вариации содержания в рудопотоках на многих горных предприятиях достигает 30-40% (Ершов, 1986). В то же время характеристики работы обогатительных фабрик (выход концентрата, показатель извлечения, расход реагентов) сильно зависят от стабильности содержания полезных компонентов в поступающей рудной массе. Зависимость имеет простой вид: чем меньше изменчивость содержания (σ), тем больше эффективность процесса переработки (рис. 3-5). Поэтому многие обогатительные фабрики устанавливают пределы допустимых колебаний содержаний полезных компонентов в поставляемых партиях руды. В зависимости от вида минерального сырья этот предел обычно составляет $\pm (0,5-2,5)\%$ от среднего значения.

Стабилизация качества добытой руды на горных предприятиях осуществляется с помощью процессов усреднения. Для этих целей применяют специальные склады, бункеры или смесительные машины. При усреднении могут использоваться как богатые, так и бедные руды (т.н. шихтовка руд), что позволяет более полно использовать запасы полезного ископаемого.

Таким образом, при оценке месторождений необходимо учитывать изменчивость качества минерального сырья. Если она высокая, то для эффективной работы обогатительной фабрики может потребоваться процесс усреднения рудной массы.

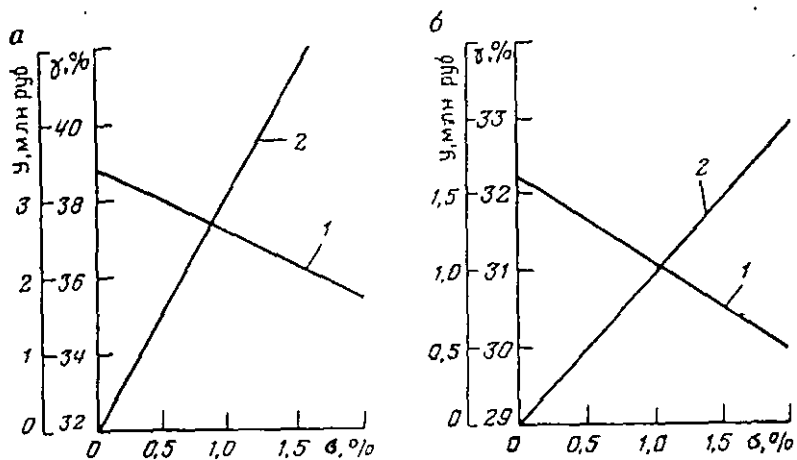


Рис. 3 Зависимость выхода концентрата (γ) и годового ущерба ($У$) от колебаний качества железной руды (σ) на Новокриворожском (а) и Центральном (б) ГОКах Криворожского бассейна (Украина) (по данным В.Ф.Бызова, 1991).

1 - выход концентрата; 2 - экономический ущерб в ценах 1990г.

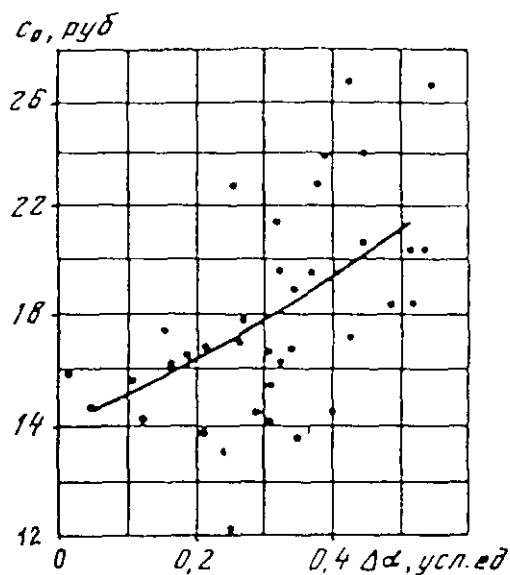


Рис. 4 Зависимость себестоимости получения 1 т концентрата при обогащении C_0 от абсолютного отклонения содержания полезного компонента в руде цветных металлов $\Delta\alpha$ (по Д.Р. Каплунову и И.А. Манилову, 1983)

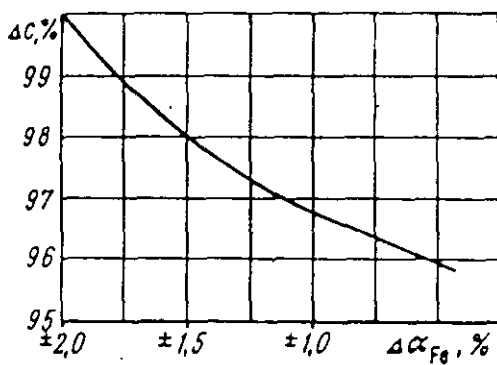


Рис. 5 Зависимость относительной себестоимости выплавки чугуна ΔC от колебаний содержания железа $\Delta\alpha_{Fe}$ в перерабатываемой руде (по Д.Р. Каплунову и И.А. Манилову, 1983)

2.3 Мощность рудных тел

При эксплуатации месторождений среди рудных тел по мощности выделяют пять основных групп (табл.).

Таблица

Группировка рудных тел по их мощности

(по В.В.Ершову, 1988).

Группа рудных тел	Геотехнология	
	Открытая	Подземная
1. Весьма маломощные	до 2 м	до 0,7 м
2. Маломощные	2-10	0,7-3
3. Средней мощности	10-20	3 - 8
4. Мощные	20-50	8 - 30
5. Весьма мощные	более 50	более 30

Весьма маломощные рудные тела обычно отрабатываются на месторождениях с высокой ценностью руд (благородные, цветные и редкие металлы). Так на многих горных предприятиях, добывающих золото, вольфрам, олово, уран, ртуть и др. для богатых руд экономически целесообразно отрабатывать жилы мощностью 10-20 см. В этом случае неизбежно наблюдается повышенное разубоживание, но оно компенсируется высоким содержанием полезных компонентов

Весьма мощные рудные тела известны на Октябрьском медно-никелевом месторождении (Талнахский рудный узел, Норильский район). Там мощность отрабатываемых богатых рудных тел достигает 45м, а общая мощность продуктивной толщи с бедными рудами составляет 100-110м. Самые крупные рудные тела имеют месторождения железистых кварцитов. Средняя мощность рудной залежи Стойленского месторождения (КМА) составляет 220м при колебаниях от 100 до 300м. Среди неметаллических полезных ископаемых очень мощные тела имеют месторождения угля и солей. На Барандатском месторождении (Канско-Ачинский бурогольный бассейн) основной пласт в среднем имеет мощность 65м при колебаниях от 39 до 94м.

От мощности рудных тел во многом зависит вид и показатели работы используемой горной техники. Так при открытой геотехнологии на месторождениях с мощными и весьма мощными телами невысокой прочности используются роторные и цепные экскаваторы, с огромной производительностью 10-12 тыс. м³ /час. Если применяются драглайны, то вместимость их ковша может достигать 100-125 м³ . В то же время при отработке маломощных и весьма маломощных рудных тел приходится применять одноковшовые экскаваторы (мехлопаты) с вместимостью ковша 3-5 м³ или при подземной геотехнологии - очистные скреперы с емкостью ковша 0,2-0,5 м³. При таких параметрах производительность экскаваторов и скреперов составляет лишь единицы-десятки м³ / час.

В общем случае чем больше мощность рудных тел, тем при их отработке можно использовать более

производительную горную технику и тем меньше будет себестоимость добываемой руды (рис. 6). Поэтому при оценке равнозначных объектов наибольшая экономическая эффективность будет у месторождений с мощными рудными телами.

2.4 Глубина залегания рудных тел.

Рудные тела иногда выходят на поверхность, но чаще всего они находятся на некоторой глубине. Эта глубина зависит от условия залегания (угла падения) и протяженности оруденения. Она может составлять от десятков (сотен) метров до многих километров.

Считается, что к глубоким относятся шахты, отрабатывающие рудные тела на отметках от 600 (700) м до 1000 (1200) м. К весьма глубоким относятся шахты с глубиной отработки от 1000 (1200) до 2500 м. С глубины 2500 м начинаются сверхглубокие шахты. Наибольшие глубины на суше достигнуты при эксплуатации золоторудных месторождений: Морроу-Велью (Бразилия, более 2500 м), Колар (Индия, более 3300 м) и на рудниках района Витватерсранд (ЮАР, около 4000 м).

На очень больших глубинах находятся пока неосвоенные месторождения железомарганцевых конкреций. Российский участок - зона Кларион-Клиппертон (приэкваториальная часть Тихого океана, площадь 75 тыс. км²) имеет глубины 4800-5600 м от поверхности океана (рис. 7)

С увеличением глубины во всех случаях усложняется проведение геологоразведочных и добычных работ. При буровых работах чаще возникают аварии и значительны искривления стволов скважин. В процессе проходки подземных горных выработок с глубиной увеличивается горное давление (в среднем 2,5 МПа на 100 м) и

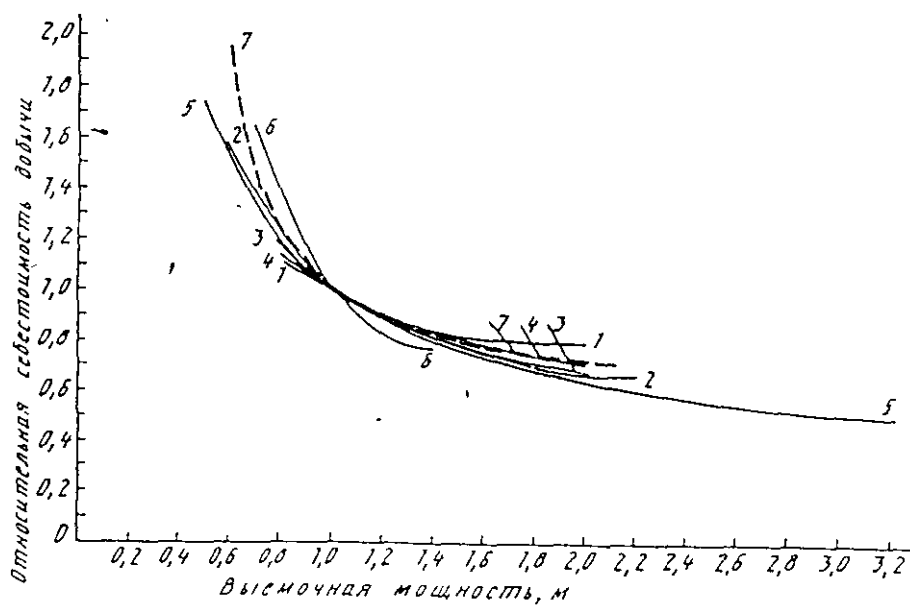


Рис 6 Зависимость себестоимости добычи руды от выемочной мощности рудного тела (по Ю.И. Королеву, 1975). Месторождения: 1 - жильные редкометалльные, 2 - жильные оловянные; 3 - жильные золоторудные, 4 - жильные молибденовые, 5 - пластовые медные, 6 - жильные золоторудные, 7 - среднее значение себестоимости



Рис 7 Железомарганцевые конкреции и корки в зоне Клариян-Клиппертон (Тихий океан, глубина около 5000 м) В верхнем правом углу - манипулятор подводного аппарата "Мир" с конкрецией (фото из журнала "Разв и охр недр 1996 №12)

температура (в среднем 3°C на 100м), повышается газо- и водообильность.

В зависимости от глубины, прочностных свойств пород и руд, конструкции выработок горное давление при подземной геотехнологии может проявляться в виде: сдвижения, пучения, шелушения, стрелания, вплоть до горных ударов. Самыми тяжелыми и опасными являются горные удары, которые проявляются в виде подземных внезапных выбросов породы (руды) в пройденные выработки. Они сопровождаются звуковыми эффектами, воздушными волнами, деформациями, сдвигами и колебаниями окружающего массива пород. С целью предотвращения горных ударов проводятся специальные мероприятия: особая технология выемки, проходка опережающих выработок, использование закладки, разгрузка камуфлетным взрыванием и др. (Прогноз, 1997).

Самые мощные горные удары представляют собой техногенные землетрясения, которые отмечались на подземных рудниках Хибин и СУБРа. В Хибинах горно-тектонические удары 1989 и 1990 г.г. привели к значительному разрушению выработок, подземных коммуникаций и механизмов, повреждению промышленных объектов и зданий в ближайшем поселке.

С глубиной, помимо горных ударов, возникает еще одна проблема - повышение температуры и необходимость кондиционирования воздуха. Особенно актуальной эта задача была для крупнейшего в Европе уранового месторождения Нидершлема (Германия). Оно отрабатывалось СГАО "Висмут" в 1946-1990г. г. Геотермическая ступень на месторождении составляла $29,4 \text{ м/град. С.}$ Поэтому в диапазоне глубин 800-1700м наблюдались очень

высокие естественные температуры горных пород (в некоторых участках до $+65^{\circ}\text{C}$) Для нормализации рудничного воздуха в 1965-1975г.г. пришлось создать достаточно сложную специальную систему кондиционирования. Она состояла из четырех контуров (два высокого и два низкого давления). Общая производительность только поверхностных холодильных комплексов достигала 25 000 000 ккал/час (Н.И.Чесноков, 1998)

При открытой геотехнологии глубина залегания рудных тел тесно связана с коэффициентом вскрыши - K_v , который оценивает количество вскрышных (пустых) пород, приходящихся на единицу добываемого полезного ископаемого. Он может измеряться в единицах массы или объема (т/т , $\text{м}^3 / \text{м}^3$, $\text{м}^3 / \text{т}$). Для рудных тел, залегающих на или вблизи поверхности, K_v равен нулю или составляет первые единицы. С увеличением глубины залегания рудных тел коэффициент вскрыши может возрасти до многих единиц.

В общем случае, чем больше K_v , тем значительнее затраты на перемещение пустых пород, а значит, больше себестоимость добычи рудной массы. Так, два аналогичных участка Южно-Кахозерского железорудного месторождения (Жольский п-ов) по расчетам 1976г. имели следующие технико-экономические показатели (Железорудная база России, 1998):

Участок	Коэффициент вскрыши (т/т)	Себестоимость 1 т руды (руб. в ценах 1976г.)
Межозерный	9,0	7,08
Восточный	4,2	4,38

При некоторой величине K_B затраты на добычу рудной массы становятся больше получаемой прибыли. Этот граничный K_B и соответствующая ему глубина карьера определяют целесообразность использования открытой геотехнологии. Таким образом устанавливается проектная глубина дна карьера. Для многих месторождений она составляет 300-400 м. При особой ценности руд проектная глубина карьера достигает 500-600 м и более. Карьер на алмазной трубке Удачная (Якутия) имеет глубину 430 м (2000г), по проекту 1987г. - 600 м, а в перспективе намечается глубина в 800-900 м (А.Д.Харькин и др., 1997).

С глубиной (при любой геотехнологии) возрастают затраты на водоотлив, проветривание, транспортировку рудной массы, усложняется управление устойчивостью пород. Все это приводит к увеличению себестоимости добычи и капиталовложений (рис. 8). Следовательно, при оценке месторождения необходимо иметь в виду, что чем глубже оно находится, тем больше будут затраты на его разведку и эксплуатацию.

2.5 Обводненность месторождения

Обводненность определяется насыщенностью горных пород и руд подземными водами. Она зависит от совокупности гидрогеологических и инженерно-геологических факторов. К гидрогеологическим факторам относятся: количество водоносных горизонтов, условия их питания, мощность, напор, коэффициент фильтрации и др. Инженерно-геологические факторы включают такие свойства пород (руд) как: проницаемость, набухание, пластичность, липкость, размокаемость, коэффициент размягчения и др. Все эти факторы влияют на величину ожидаемых

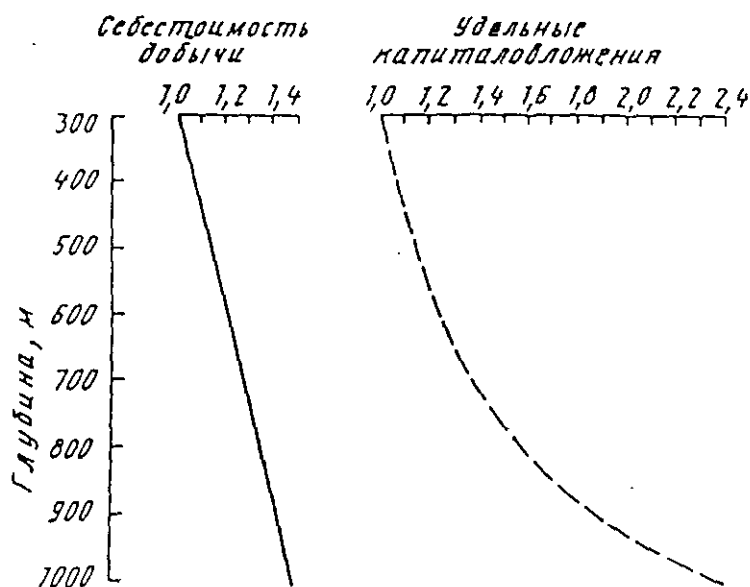


Рис 8 Зависимость себестоимости добычи и удельных капиталовложений от глубины подземной разработки (по Ю И Королеву, 1975)

водопритоков и осложняют проведение геологоразведочных и эксплуатационных работ по традиционным геотехнологиям

Особые сложности возникают при разведке и оценке месторождений, находящихся под реками и озерами. Так в процессе изучения крупнейшего в России Горевского свинцово-цинкового месторождения (Красноярский край) оказалось, что его значительная часть находится под руслом реки Ангары. Бурение разведочных скважин пришлось вести со специальных понтонов (рис.9). Аналогичная технология применялась в Канаде при оценке алмазных трубок, найденных под озерами (район озера Лак-де-Гра).

По степени обводненности шахтные (карьерные) поля разделяются на слабо обводненные (суммарный приток менее 100 м³/час); умеренно обводненные (приток 100-300 м³/час); обводненные (приток 300-1000 м³/час) и весьма обводненные (приток более 1000 м³/час). На месторождениях с суммарным водопритоком до 1000-2000 м³/час обычно предусматривают только водоотлив, а при больших объемах используются достаточно сложные горно-гидротехнические системы.

Очень большие водопритоки отмечаются на полиметаллических рудниках Миргалимская и бокситовых рудниках СУБРА (около 10-15 тыс.м³ /час, а в отдельные периоды до 20 тыс. м³ /час). Из-за сложнейших гидрогеологических условий не отрабатывается подрусловая часть Горевского месторождения. В некоторых случаях могут возникать катастрофические прорывы воды, как, например, случилось на одном из калийных рудников Верхнекамского месторождения. В марте 1986г. третий Березниковский рудник вместе со всем горным оборудованием был полностью затоплен в результате прорыва воды и рассолов. Кроме

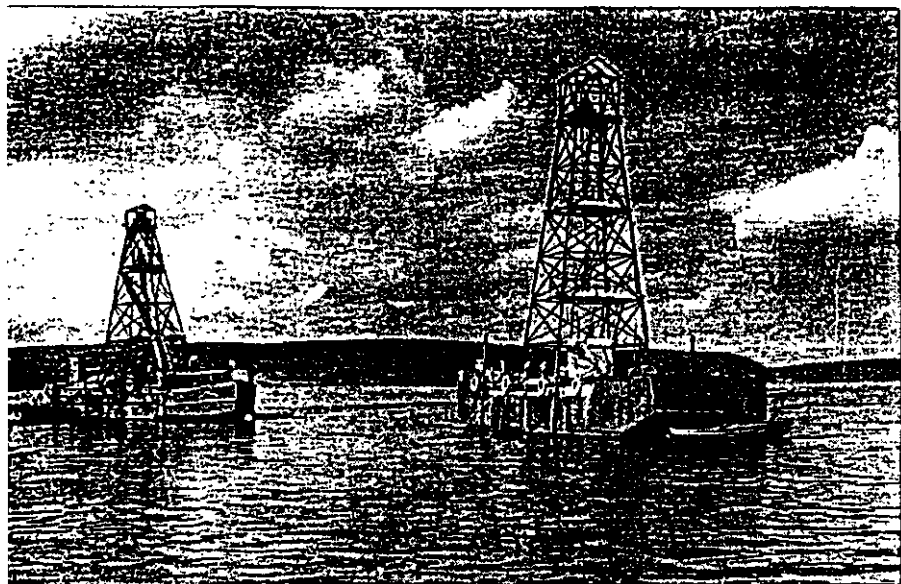


Рис. 9 Бурение скважин с понтонов на реке Ангаре. Разведка подрусловой части Горевского свинцово-цинкового месторождения (фото из книги В.А Неволлина и др. 1997)

того, оказались потерянными около 300 млн. т извлекаемых запасов калийных солей (А.А.Барях, 1995).

С целью снижения водопритоков при освоении месторождений используют дренажные (водопонизительные) или барражные (водоизолирующие) горные выработки и скважины. В некоторых случаях приходится строить дамбы для защиты озер (алмазоносный район — озеро Лак-де-Гра) или планировать строительство специальных руслоотводных каналов в комплексе с дренажными скважинами (трубки "Архангельская" и "Карпинского -1", Ломоносовское месторождение алмазов). Сложные гидрогеологические условия (большие водопритоки химически агрессивных минерализованных вод) имеет карьер алмазной трубки Мир. Несмотря на мощную систему водоотлива (7 млн.м³ / за период 1990-1992г.г) и противофильтрационную тампонажную завесу, осушение карьера встречает большие трудности.

Все мероприятия, связанные с водоотливом и снижением водопритоков в горные выработки, требуют больших затрат. В общем случае для традиционных геотехнологий: чем меньше обводненность месторождения, тем эффективней будет его эксплуатация. Исключением являются месторождения, предназначенные для отработки по физико-химической геотехнологии (способы подземного выщелачивания и скважинной-гидродобычи). Для этих условий повышенная обводненность наоборот способствует процессам извлечения полезных ископаемых и является благоприятной.

ЛИТЕРАТУРА

- Аренс В.Ж.* Скважинная добыча полезных ископаемых (геотехнология) - М., Недра, 1986. - 279с.
- Барях А.А.* Геомеханические аспекты защиты калийных рудников от затопления // Изв. ВУЗов. Горный журнал. 1995 № 6, с. 185 - 192
- Букринский В.А.* Геометрия недр. - М., Недра, 1985. - 526с.
- Бызов В.Ф.* Управление качеством продукции карьеров. - М., Недра, 1991. - 239с.
- Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли.* - М., Изд-во АГН, 1997. - 478с.
- Железорудная база России.* - М., Геоинформмарк, 1998. - 842с.
- Ершов В.В.* Геолого-маркшейдерское обеспечение управления качеством руд. - М., Недра, 1986. - 261с.
- Ершов В.В.* Основы горнопромышленной геологии. - М., Недра, 1988. - 328с.
- Зималина В.Я.* Достоверность разведки рудных месторождений Средней Азии с неравномерным распределением оруденения. - Ташкент, Фан, 1992. - 216с.
- Каплунов Д.Р., Манилов И.А.* Стабилизация руды при подземной добыче. - М., Недра, 1983 - 236с.
- Королев Ю.И.* Учет влияния горно-геологических факторов при геолого-экономической оценке месторождений на ранних стадиях их изучения Обзор. Серия I. - М.,

ВИЭМС, 1975. - 57с.

Лопатин В.В., Титков А.Н., Подоляко Л.Г. Разработка урановых месторождений Забайкалья - проблемы и перспективы. // Горн Журнал 1999 № 12 с 30 - 34.

Неволин В.А., Марков В.Н., Полушин А.В. Геологоразведчики Центральной Сибири. - М., ОАО "Моск. Типогр № 11", 1997. - 296с

Прогноз и предотвращение горных ударов на рудниках. - М., Изд-во АГН, 1997. - 376с.

Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Зуев В.М. История алмаза. - М., Недра, 1997. - 601с.

Чесноков Н.И. Создание и развитие уранодобывающей промышленности в странах Восточной Европы - М., Информ - Знание, 1998. - 235с.

Шумилин М.В. Геолого-экономические основы горного бизнеса // Минеральное сырье № 3 - М., 1998. - 168с.

Юматов Б.П., Секисов Г.В., Буянов М.И. Нормирование и планирование полноты качества выемки руды на карьерах. М., Недра, 1987. - 183с.