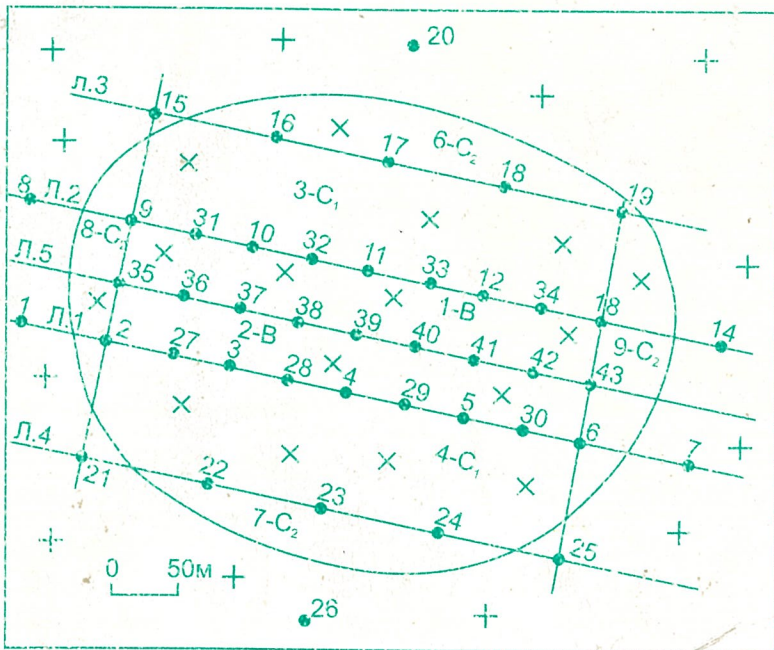


Г. П. Дворник

А. Н. Угрюмов

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ



Министерство образования Российской Федерации
Уральская государственная горно-геологическая академия

Г. П. Дворник, А. Н. Угрюмов

**ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И
ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ**

Утверждено Редакционно-издательским советом академии
в качестве учебного пособия



Екатеринбург, 2004

УДК 553.3.0.4.003.1

Д24

Дворник Г. П., Угрюмов А. Н.

Д24 Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Уральской государственной горно-геологической академии, 2004. – 220 с.

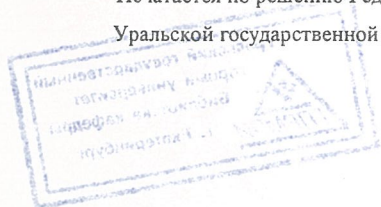
В учебном пособии рассмотрены основные положения комплексной геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья, включающей оценку географо-экономических, геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических условий освоения месторождений, технологических свойств минерального сырья, экономическую оценку месторождений с учетом социальных и экологических последствий их разработки, геолого-экономическое обоснование кондиций на минеральное сырье. Приведен лабораторный практикум по геолого-экономической оценке месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, техногенного сырья на разных стадиях геологоразведочных работ.

Пособие предназначено для студентов геолого-геофизических, горно-технологических, инженерно-экономических специальностей горно-геологической академии, а также преподавателей, интересующихся вопросами геолого-экономической оценки месторождений.

Таблиц 46. Рис. 8. Библ. названий 80.

Рецензенты: д-р экон.наук, профессор УГГА М. Н. Игнатъева,
д-р экон. и геол.-мин. наук, профессор УрГЭУ М. В. Федоров

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральской государственной горно-геологической академии.



- © Уральская государственная
горно-геологическая академия, 2004
© Дворник Г. П., Угрюмов А. Н., 2004

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВЫ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ..	6
1.1. Оценка географо-экономических условий освоения месторождений	9
1.2. Оценка геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений	23
1.3. Оценка горнотехнических условий разработки месторождений	45
1.4. Технологическая оценка минерального сырья	62
1.5. Экономическая оценка месторождений	73
1.6. Оценка экологических условий освоения месторождений	102
1.7. Геолого-экономическая оценка техногенных месторождений	124
1.8. Геолого-экономическое обоснование кондиций на минеральное сырье ..	137
2. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	166
2.1. Оценка прогнозных ресурсов золота по результатам поисковых работ ..	166
2.2. Оценка медноколчеданного месторождения по результатам оценочных работ	170
2.3. Оценка молибденпорфирового месторождения по результатам разведки	176
2.4. Оценка месторождения облицовочного мрамора на стадии его эксплуатации	186
2.5. Оценка месторождения нефти на стадии его освоения	197
2.6. Оценка комплексного техногенного месторождения на стадии его разработки	203
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	208
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	211

Пойдем ныне по своему Отечеству.

...Станем искать металлов, золота, серебра и прочих, станем добираться отменных камней, мраморов, аспидов и даже изумрудов, яхонтов и алмазов. Дорога будет не скучна, в которой хотя и не везде сокровища нас встречать станут, однако везде увидим минералы, в обществе потребные, которых промыслы могут принести не последнюю прибыль.

М. В. Ломоносов, 1763

ВВЕДЕНИЕ

В основе выполнения геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых в современных условиях лежат следующие базовые положения [8, 63, 68]:

- 1) Рациональное и комплексное использование недр, включая основные и попутные полезные ископаемые и компоненты, отходы добычи и переработки минерального сырья.
- 2) Учет обязательных платежей и налогов в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, а также платы за кредит, необходимый для начала работ по разработке месторождения.
- 3) Определение показателей эффективности освоения резервных и эксплуатируемых месторождений – чистой дисконтированной прибыли, индекса прибыльности, срока окупаемости капитальных вложений, внутренней нормы прибыли.
- 4) Учет факторов времени и риска при оценке месторождений.

- 5) Оценка социальных и экологических последствий разработки месторождений.
- 6) Выбор оптимального варианта освоения месторождений.
- 7) Обоснование кондиций на минеральное сырье.

Эти и некоторые другие положения нашли свое отражение в предлагаемом учебном пособии по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья. В основу пособия положен курс лекционных и лабораторных занятий по дисциплинам "Геологоразведочное дело", "Разведка и разработка камнесамоцветного сырья", "Полезные ископаемые и их разведка", "Промышленная геология", проводившихся авторами со студентами геолого-геофизического и горно-технологического направлений Уральской государственной горно-геологической академии.

В первом разделе учебного пособия рассмотрены основы геолого-экономической оценки природных и техногенных месторождений. Во втором разделе приведены лабораторные задания по оценке рудных и нерудных полезных ископаемых и техногенного сырья на разных стадиях геологоразведочных работ.

Авторы весьма признательны за плодотворную дискуссию в процессе подготовки пособия В. А. Душину, А. Г. Баранникову, Г. Ю. Боярко, А. Б. Макарову, В. С. Балахонову, В. И. Володину, а также Е. Ф. Сарманову, И. А. Александрову за помощь в техническом оформлении рукописи к изданию. Особую благодарность авторы выражают рецензентам: профессору УГГГА М. Н. Игнатевой и профессору УрГЭУ М. В. Федорову за ценные замечания и пожелания, учтенные в окончательной редакции учебного пособия.

1. ОСНОВЫ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых осуществляется на всех стадиях геологоразведочного процесса.

На стадии регионального геологического изучения недр и прогнозирования полезных ископаемых проводится комплекс геологических, геохимических, гидрогеологических, инженерно-геологических, эколого-экономических исследований, в результате которых осуществляется картирование территорий, составление геологических или специализированных карт масштабов 1:1000000 (1:500000), 1:200000 (1:100000) и 1:50000 (1:25000). На этой стадии объектами прогноза являются потенциальные перспективные территории крупного масштаба (минерагенические или металлогенические пояса, провинции, зоны), в пределах которых определяются прогнозные ресурсы категории P_3 . Количественная оценка ресурсов этой категории проводится без привязки к конкретным объектам по предположительным параметрам на основе аналогии с более изученными районами, провинциями, бассейнами, где имеются разведанные месторождения.

Поиски месторождений полезных ископаемых включают проведение геологических, геофизических и геохимических исследований с использованием горнобуровых работ при необходимости вскрытия перспективных горизонтов и структур. Результатом поисковых работ является выявление проявлений полезных ископаемых или перспективных геохимических и геофизических аномалий, шлиховых ореолов, на площади которых оцениваются прогнозные ресурсы категории P_2 по аналогии с разведанными месторождениями того же геолого-промышленного типа. Возможная природа и перспективность ресурсов подтверждаются вскрытием полезного ископаемого в единичных выработках.

На основе данных поисковых работ разрабатываются технико-экономические соображения (ТЭС) о перспективах выявленного проявления полезных ископаемых, позволяющие принять обоснованное решение о целесообразности и сроках проведения его оценки. Для экономической оценки прогнозных ресурсов, определяемых на ранних стадиях геологоразведочных работ, рекомендуется проводить расчет валовой потенциальной стоимости минерального сырья (C_B), исходя из средней мировой цены конечного продукта (металла, руды, концентрата, угля, сырой нефти и т. д.) и количества прогнозных ресурсов [1, 26, 50].

Оценочные работы должны обеспечить предварительную оценку промышленного значения месторождения с подсчетом большей части запасов по категории C_2 , по менее детально изученной части – прогнозных ресурсов по категории P_1 , а на участках детализации – обоснование запасов по категории C_1 [59]. После завершения этой стадии разрабатывается технико-экономический доклад (ТЭД), в котором обосновывается целесообразность разведки месторождения и составляются временные разведочные кондиции.

Разведка месторождений проводится с целью изучения исходных данных о геологических условиях залегания тел полезных ископаемых в пределах горного отвода, количестве и качестве минерального сырья, его технологических свойствах, гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, необходимых для составления технико-экономического обоснования (ТЭО) постоянных разведочных кондиций. На этой стадии в соответствии с группировкой месторождений по сложности геологического строения производится подсчет запасов по категориям А, В, C_1 и C_2 . В ТЭО разведочных кондиций обосновываются требования к качеству и горнотехническим условиям отработки запасов, позволяющие разделить их

на балансовые (экономические) и забалансовые (потенциально-экономические).

Эксплуатационная разведка месторождений проводится для уточнения полученных при разведке данных о количестве, качестве и условиях залегания полезных ископаемых с целью оперативного планирования горно-подготовительных, нарезных и очистных работ, обеспечения наиболее полного извлечения запасов из недр. В процессе разработки отдельных частей месторождения (этажей, подэтажей, блоков, выемочных участков), существенно отличающихся по геологическим, горнотехническим, технологическим, технико-экономическим и иным условиям отработки от средних показателей, принятых при обосновании постоянных разведочных кондиций, а также для обеспечения безубыточной работы горнодобывающего предприятия в период резкого изменения конъюнктуры на минеральное сырье и продукты его переработки, недропользователь может разрабатывать и использовать в работе эксплуатационные кондиции, устанавливаемые на ограниченный срок, соответствующий периоду отработки запасов конкретных технологически обособленных участков месторождения или тел полезного ископаемого [44]. ТЭО разведочных и эксплуатационных кондиций представляются на государственную геологическую, экономическую и экологическую экспертизу.

На стадиях оценочных и разведочных работ, эксплуатационной разведки проводится комплексная геолого-экономическая оценка месторождений. Она включает оценку географо-экономических, геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических условий освоения месторождений, технологических свойств минерального сырья, экономическую оценку месторождений с учетом социальных и экологических последствий их разработки, геолого-экономическое обоснование кондиций на минеральное сырье.

1.1. Оценка географо-экономических условий освоения месторождений

Месторождения полезных ископаемых размещаются в районах, нередко сильно различающихся по своим природным условиям, оказывающим существенное влияние на экономические показатели их оценки. Особо важное значение географо-экономический фактор приобретает при геолого-экономической оценке месторождений в новых, слабо освоенных районах на севере и востоке нашей страны.

Географо-экономические условия эксплуатации месторождений включают их географическое положение, рельеф, климат и освоенность района, обеспеченность земельными, лесными, водными ресурсами, электроэнергией, стройматериалами, транспортные условия района, занятость населения, наличие промышленных предприятий, возможных потребителей минерального сырья и т. п.

Для России характерны самые разнообразные типы и формы рельефа, встречающиеся в природе. Господствующим типом рельефа, занимающим почти 75 % территории страны являются равнины. Среди них выделяются крупнейшие на земном шаре Восточно-Европейская и Западно-Сибирская равнины, разделенные Уральской горной системой, протянувшейся более чем на 2000 км с севера на юг при ширине от 40 до 150 км.

На юге европейской части России государственная граница проходит по хребтам Большого Кавказа, имеющего типично альпийские формы рельефа. Восточнее Западно-Сибирской равнины, в междуречье Енисея и Лены расположено обширное Среднесибирское плоскогорье, которое, понижаясь к северу и востоку, переходит в Северо-Сибирскую низменность и Центрально-Якутскую равнину. С юга всю территорию Сибири замыкает горный пояс, включающий среднегорные системы – Алтай, Салаирский Кряж, Кузнецкий Алатау, Саяны, горы Тывы, Прибайкалья, Забайкалья и

Станового нагорья. На северо-востоке России преобладает рельеф сильно расчлененного среднегорья – хребты Черского и Верхоянский, Чукотское и Корьякское нагорья. В Приморском и Хабаровском краях расположена горная страна Сихотэ-Алинь – водораздел рек бассейна Амура, Японского моря и Татарского пролива.

На полуострове Камчатка и Курильских островах распространены потухшие и активно действующие вулканы.

В связи с большой протяженностью с севера на юг Россию пересекают четыре климатических пояса: арктический, субарктический, умеренный и субтропический [79]. Их характеризуют четыре соответствующих типа климата. В России преобладает умеренный континентальный климат с ритмической сменой времен года, с продолжительной холодной и снежной зимой и сравнительно коротким теплым летом. Континентальность климата существенно увеличивается с запада на восток. Существующий резко континентальный климат на территории Восточной Сибири и большей части Дальнего Востока характеризуется значительным перепадом сезонных и суточных температур, развитием многолетней мерзлоты. На западной и восточной окраинах России сформировались морской, переходный в континентальный (на северо-западе) и муссонный (на побережье Дальнего Востока) типы климата. Острова и материковое побережье Северного Ледовитого океана отличаются суровым арктическим и субарктическим климатом. Субарктический климат с теплой, но влажной зимой и сухим жарким летом характерен для Черноморского побережья Кавказа.

Количество осадков, выпадающее на территории страны, сильно отличается в разных районах. Максимум приходится на горные склоны Кавказа и Алтая (до 2000 мм/год), юг Дальнего Востока (до 1000 мм/год), где летние муссонные дожди часто вызывают паводок. Самым засушливым местом считается полупустынная часть Прикаспийской впадины

(150 мм/год). Средние температуры января по всей России варьируют от положительных значений (°C) на Черноморском побережье Кавказа до -50 °C в Якутии. Средние температуры июня изменяются от +1 °C на севере полуострова Таймыр до +25 °C на Прикаспийской низменности. В целом Россия характеризуется более суровыми климатическими условиями в сравнении с европейскими странами и США. Среднегодовая температура в России составляет минус 5,5 °C, а например, в такой стране, как Финляндия – плюс 1,5 °C [54]. Лишь треть территории нашей страны относится к эффективной площади, на которой возможна относительно нормальная человеческая деятельность. Под эффективной площадью в экономической географии понимают территорию, которая соответствует определенным орографическим и климатическим условиям, находится ниже 2000 м над уровнем моря, со среднегодовой температурой не ниже минус 2 °C. По величине эффективной площади Россия занимает пятое место в мире.

Рассмотренные орографические и климатические условия оказывают существенное влияние на уровень инвестиций в строительство горнодобывающего предприятия, соответствующей ему инфраструктуры и эксплуатацию месторождения. Освоение месторождений полезных ископаемых в отдаленных высокогорных районах, северных районах с суровыми климатическими условиями сопровождается увеличением уровня заработной платы на 30-100 % и более, чем в обычных условиях, введением удорожающих коэффициентов к затратам на строительство предприятий и добычу минерального сырья. Так, проведенная комплексная укрупненная оценка влияния природных факторов на технико-экономические показатели разработки морских месторождений нефти одинаковой крупности (с извлекаемыми запасами 50 млн. т), расположенных в суровых климатических условиях, показала, что в сравнении с аналогичными нефтяными месторождениями, находящимися на акватории глубиной 100 м в умеренных

природно-климатических условиях, издержки на их освоение возрастают от 2,8 до 14,6 раз [24].

Не менее важное значение при оценке географо-экономического положения месторождения имеет определение уровня обеспеченности района земельными, лесными, водными и энергетическими ресурсами, стройматериалами. Под земельными ресурсами понимаются определенные площади поверхности суши с различными ландшафтами, почвами. Общий земельный фонд России на начало 1998 года составил около 1710 млн. га, а освоенность земель – менее 20 %. В общей структуре земельных ресурсов важнейшим компонентом являются почвы, служащие основным источником получения продуктов питания, базой социально-экономического развития страны. Россия отличается разнообразием почвенного покрова, в то же время более 70 % ее территории практически непригодны для земледелия.

В структуре земельного фонда страны 45 % территории приходится на лесные площади, древесную и кустарниковую растительность; на оленьи и конские пастбища – 19 %; сельскохозяйственные угодья – 13 %; болота – 6 %; постройки, дороги и др. – 1 %; нарушенные земли – 1 % и прочие земли – 15 %.

По обеспеченности лесами Россия занимает первое место в мире, обладая примерно 20 % мировых запасов древесины. По хозяйственному значению, функциональным особенностям выделяют три группы лесов [79]:

- 1) водоохранные, почвозащитные, заповедные и иные леса, в которых вырубка леса запрещена (лесополосы, лесопарки, заповедники, курортные леса и т. д.);
- 2) многоцелевые леса в малонаселенных зонах с ограниченной эксплуатацией лесных массивов;

- 3) эксплуатируемые леса в многолесных зонах, в которых в основном производится рубка леса и воспроизводится большая часть лесонасаждений.

По экономическим районам запасы пригодных для эксплуатации лесов распределены очень неравномерно и сосредоточены в основном в восточных районах страны (табл. 1). Запасы древесины из хвойных пород составляют 60163 млн м³; твердолиственных пород – 1820 млн м³, мягколиственных пород – 1132 млн м³. Запасы древесины на корню в расчете на одного жителя России составляют 548 м³. Самыми распространенными породами в России являются лиственница (258 млн га), сосна (114 млн га), ель (77 млн га) и кедровая сибирская сосна (37 млн га).

Таблица 1
Фонд лесов государственного значения и запасы пригодных для эксплуатации лесов по экономическим районам РФ

Экономический район	Общая площадь, тыс га	Площадь, покрытая лесом, тыс га	Запасы древесины, млн м ³	Запасы пригодных для эксплуатации и лесов, млн м ³
РФ	1167049,7	756088,2	79831,3	39835,7
Северный	105474,3	76048,2	7599,2	4447,2
Северо-Западный	12671,5	10387,5	1625,2	243,1
Центральный	22248,5	20328,5	3041,5	218,6
Центрально-Черноземный	1678,2	1469,3	181,3	3,5
Волго-Вятский	14587,3	13309,2	1787,1	284,6
Поволжский	5750,0	4772,5	572,2	23,8
Северо-Кавказский	4488,2	36663,5	579,6	44,1
Уральский	42088,4	35753,0	4850,1	1324,0
Западно-Сибирский	150617,4	90095,0	10794,1	4343,4
Восточно-Сибирский	315383,0	234464,2	29314,5	17462,9
Калининградская обл.	385,6	266,5	39,4	1,9

Водные ресурсы в сравнении с другими видами природных ресурсов обладают рядом существенных отличий. Их количество и качество непрерывно меняются от сезона к сезону и от года к году. По скорости

возобновления природные воды подразделяют на медленно возобновляемые (вековые или статистические запасы) и ежегодно возобновляемые (водные ресурсы) (табл. 2).

Таблица 2

Суммарные водные ресурсы России

Ресурсы	Средний многолетний объем (возобновление), км ³ /год	Статистические запасы, км ³
Речной сток	4270	–
Озера	532	26600
Болота	1000	3000
Ледники	110	39890
Подземные воды	787	28000
Почвенная влага	3500	–
Всего	8302	более 97000

Потребность хозяйства в пресной воде в основном удовлетворяется за счет ежегодно возобновляемых водных ресурсов, количественно оцениваемых размером речного стока. Суммарный речной сток России оценивается в 4270 км³/год, что составляет менее 10 % к суммарному стоку всех рек земного шара. Водообеспеченность России в расчете на единицу площади составляет примерно 250 тыс. м³/год, а водообеспеченность в расчете на одного жителя – 28,5 тыс. м³/год. Внутреннее распределение водных ресурсов России крайне неравномерно (табл. 3).

Огромен разрыв между регионами по показателям суммарного стока и удельной водообеспеченности. Так, Дальний Восток имеет на своей территории сток 1812 км³/год, а Центрально-Черноземный район только 21 км³/год. Территория России в целом богата ресурсами подземных вод, служащих главным образом для питьевых целей. Прогнозные ресурсы подземных вод оценивались к началу 1998г в объеме свыше 300 км³/год, а разведанные запасы – 0,2 км³/год, термальных вод – 0,07 км³/год.

Наличие в районе оцениваемого месторождения водных ресурсов является одним из обязательных условий успешного функционирования

горного предприятия. Особенно большое значение водные ресурсы имеют в том случае, когда горнодобывающее предприятие кооперировано с обогатительной фабрикой, в технологической схеме которой предусмотрено применение мокрых способов обогащения руд (флотации, гравитационной и магнитной сепарации). В труднодоступных, слабо освоенных районах Крайнего Севера условия и стоимость снабжения водой, лесом, другими строительными материалами при проектировании предприятий могут оказаться решающими факторами, сдерживающими разработку месторождений из-за необходимости осуществления очень больших капиталовложений в развитие инфраструктуры.

Таблица 3

Водные ресурсы и водообеспеченность районов России

Экономический район	Площадь тыс. км ²	Водные ресурсы, км ³ /год		Водообеспеченность суммарным стоком, тыс. м ³ /год	
		сток местного формирования	суммарный сток	на 1 км ² территории	на 1 жителя
Россия	17075,4	4043	4270	250	28,5
Северный	1466,5	494	511,6	349	90,6
Северо-Западный	196,5	47,7	89,4	455	11,6
Центральный	458,1	88,6	112,6	232	3,9
Центрально-Черноземный	167,7	16,1	21,0	125	2,7
Волго-Вятский	263,6	47,8	151,8	576,5	18,2
Поволжский	536,4	31,5	270	503	17,3
Северо-Кавказский	355,1	44,0	69,3	195	4,3
Уральский	824,0	122,7	129	156,6	6,6
Западно-Сибирский	2427,2	513	585	241	44,7
Восточно-Сибирский	4122,8	1097	1132	273	136,0
Дальневосточный	6215,9	1538	1812	290	297,0

Энергетический потенциал России составляют месторождения нефти, природного газа, угля, урана, гидроэнергоресурсы, геотермальные ресурсы. На Россию приходится примерно 1/3 мировых запасов природного газа,

$\frac{1}{7}$ часть запасов нефти, $\frac{1}{8}$ часть разведанных запасов угля. Более 80 % балансовых запасов природного газа расположены на территории Западной Сибири (табл. 4). Значительные запасы газа-конденсата сосредоточены в Поволжье и на Урале. Около 70 % запасов нефти находится в Западно-Сибирском районе, более 9 % – на Урале, существенными запасами нефти обладают Поволжский и Северный регионы. Угольные месторождения более дифференцированы по территории (табл. 4). Но основная часть балансовых запасов угля размещается на территории трех экономических районов: Западно-Сибирского (около 50 %), Восточно-Сибирского (более 30 %) и Дальневосточного (10 %). Основу современной топливной базы для развития атомной энергетики России составляют запасы урановых руд, основные месторождения которых расположены в Восточной Сибири, на Урале, в Северном районе.

Таблица 4
Балансовые запасы нефти, природного газа и угля в экономических районах РФ

Экономический район	Нефть и газовый конденсат, млн т	Природный газ, трлн м ³	Уголь, млрд т
РФ	19481	48	201,6
Северный	1395	1,91	8,4
Центральный	–	–	3,8
Поволжский	1651	2,76	–
Северо-Кавказский	205	0,36	6,5
Уральский	1835	1,37	2,1
Западно-Сибирский	13680	37	95,7
Восточно-Сибирский	320	0,86	66,9
Дальневосточный	374	1,52	18,1

Россия обладает суммарным гидроэнергопотенциалом в 2500 млрд кВт.ч и занимает второе место в мире по этому показателю, уступая только Китаю. Крупные гидроэнергоресурсы сосредоточены на Дальнем Востоке (53 %) и Восточной Сибири (26 %). На европейскую территорию страны приходится всего 370 млрд кВт.ч (15 %).

При оценке энергетических условий района месторождения наиболее благоприятным вариантом является возможность получения электроэнергии для горнодобывающего предприятия от внешней энергосистемы. В таких условиях следует учитывать только капитальные затраты на сооружение линии электропередачи к предприятию. В противном случае нужно принимать в расчет инвестиции на строительство электростанции местного значения и топливные ресурсы данного района (угли, торф, нефть, природный газ, древесное топливо).

Транспортные условия района работ оцениваются в зависимости от расстояния до существующей или намечаемой к сооружению железной дороги, наличия автомобильных дорог, судоходных водных путей, пунктов воздушного сообщения. Количественно они могут быть охарактеризованы коэффициентом транспортной обеспеченности [18], который определяется по формуле

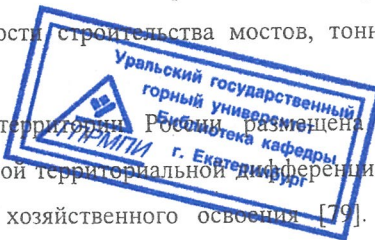
$$K = \frac{S_0}{S_n}, \quad (1.1)$$

где S_0 – площадь зоны непосредственного обслуживания железнодорожным, речным, автомобильным, вездеходным и воздушным транспортом;

S_n – площадь изучаемой территории.

Удаленность месторождений от транспортных магистралей, главным образом железнодорожных дорог, требует значительных инвестиций в их сооружение, размер которых зависит не только от протяженности дорог, но и от рельефа местности, необходимости строительства мостов, тоннелей и других объектов.

Железнодорожная сеть на территории России размещена крайне неравномерно, что связано с большой территориальной дифференциацией в ее заселенности, уровне и типе хозяйственного освоения [19]. Общая протяженность железнодорожных путей составляет 148 тыс. км, из них



86 тыс. км приходятся на дороги общего пользования, а 62 тыс. км – на ведомственные дороги. Наиболее густая и разветвленная железнодорожная сеть, за исключением Северного экономического района, характерна для европейской части страны. Здесь густота железных дорог общего пользования (в км на 1000 км²) изменяется от 131 км в Волго-Вятском до 265 км в Центрально-Черноземном районе. Восточная Сибирь и Дальний Восток выделяются не только низкой плотностью железных дорог (соответственно 21 км и 13 км на 1000 км²), но и их исключительным расположением в южных, наиболее развитых районах. Отсутствие железнодорожных сетей к северу от Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей является одним из основных факторов, сдерживающих освоение обширных территорий азиатского севера, обладающих высоким минерально-ресурсным потенциалом. Для освоения нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири в 70-80-х годах прошлого столетия была построена только одна крупная северная железная дорога Тюмень–Сургут–Нижневартовск–Уренгой–Ямбург. В настоящее время в стадии реализации находятся еще два достаточно крупных проекта железнодорожного строительства: на севере продолжается строительство Арктической магистрали (Лабытнанги–Бованенковская) для обеспечения разработки газовых месторождений Ямала, а на востоке – Амуро-Якутской магистрали (Беркалит–Томмот–Якутск).

При оценке географо-экономических условий эксплуатации месторождений важным также является учет расстояния транспортировки минерального сырья до возможных его потребителей. Дальность транспортировки в основном зависит от ценности полезных ископаемых. Например, такое сырье, как строительные материалы, низкокачественные угли, используется преимущественно для обеспечения местных потребителей. Концентраты редких и цветных металлов экономически целесообразно транспортировать даже на значительные расстояния. Для

таких высокоценных полезных ископаемых, как алмазы, благородные металлы, пьезооптическое сырье, драгоценные камни, расстояние до потребителя и вид транспорта не имеют большого значения. Значительно удешевляет стоимость транспортировки сырья использование в качестве транспорта магистральных трубопроводов (нефте-, газо- и продуктопроводов).

Комплексная оценка географо-экономических условий позволила провести районирование территории нашей страны по степени благоприятности и комфортности природных условий для жизнедеятельности населения [79]. По степени благоприятности природных условий, выраженной в баллах, территория России делится на пять зон (рис. 1.):

- 1) с наиболее благоприятными условиями (более 3,5);
- 2) благоприятными условиями (3,0-3,5);
- 3) малоблагоприятными условиями (2,5-3,0);
- 4) неблагоприятными условиями (2,0-2,5);
- 5) крайне неблагоприятными условиями (менее 2,0).

Только на $\frac{1}{3}$ территории России, включающей преимущественно ее западную и южную части, природные условия являются благоприятными для жизнедеятельности человека.

Степень комфортности территории – это интегральный показатель, который основан на анализе примерно 30 параметров окружающей среды [60]: континентальность климата, продолжительность периодов с различными температурами воздуха, амплитуда годовых, месячных, суточных температур воздуха, наличие участков с резко пересеченным рельефом, обеспеченность населения водой для хозяйственных и питьевых целей, продолжительность отопительного периода, наличие опасных природных явлений (сейсмичность, паводки и наводнения, сели), наличие

природных предпосылок болезней и др. Уровень комфортности региона существенно влияет на характер его освоения и заселения. По степени комфортности природных условий территории делятся на комфортные, прекомфортные, гипокомфортные, дискомфортные, экстремальные (табл. 5).

Освоение месторождений полезных ископаемых в экстремальных районах Крайнего Севера с наименее комфортными природными условиями требует больших инвестиций в развитие социально-бытовой инфраструктуры. Согласно экспертным оценкам стоимость обустройства человека в комфортном и экстремальном районах различается в 10-12 раз.

Для повышения рентабельности разработки нефтяных и газовых месторождений на севере Западной Сибири широко применяется вахтовый метод труда, позволяющий значительно сократить инвестиции в развитие инфраструктуры.

Вместе с тем совершенно очевидным является то, что в районах нового хозяйственного освоения с неблагоприятными природными условиями прежде всего нужно ориентироваться на поиски, разведку и разработку крупных месторождений высокоценных полезных ископаемых. В то время, как в освоенных промышленных районах с комфортными условиями жизни рентабельной может быть эксплуатация средних или даже нескольких близко расположенных мелких месторождений.

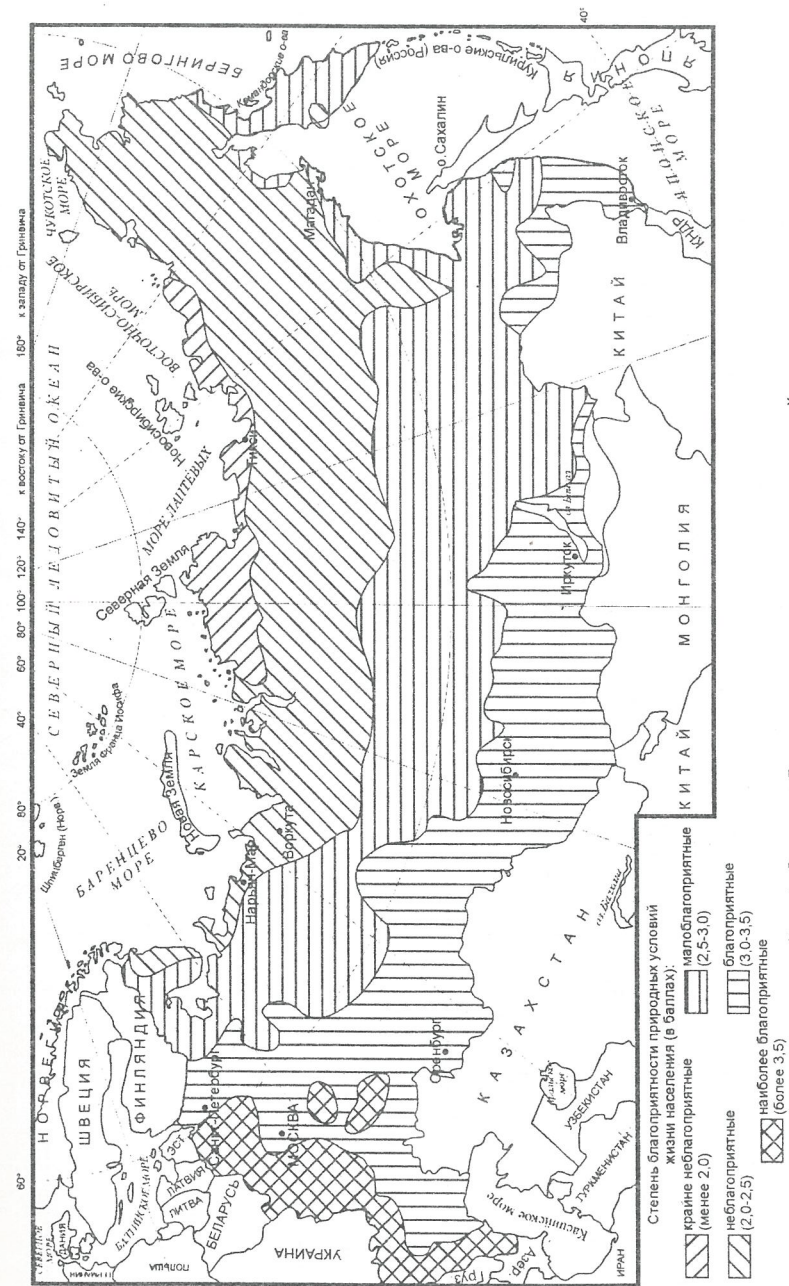


Рис. 1. Степень благоприятности природных условий жизни населения

Таблица 5
Некоторые параметры природной среды, определяющие степень комфортности территории [60]

Степень комфортности территории	Период с температурой выше +10 °С, дни	Средняя температура отопительного периода	Продолжительность отопительного периода, дни	Годовая отопительная характеристика зданий, град.-сутки	Суммарная теплоизоляция одежды, КЛО-дней	Сейсмичность, баллы	Наличие участков с резко пересеженным рельефом	Дополнительные затраты на строительство, %
Комфортные	110	до -2°	150	4000	600	0-3	-	-
Прекомфортные	90-110	-2...-6°	150-220	4000-5000	600-900	3-6	-	-
Гипокомфортные	70-90	-6...-10°	220-250	5000-7000	900-1200	6-8	Распространены на ограниченных участках	15-20
Дискомфортные	30-70	ниже -10°	250-300	7000-9000	1200-1500	9	Могут быть повсеместно	100-200
Экстремальные	30	ниже -10°	300	9000	1500	Не нормируется	Могут быть повсеместно	120-250

1.2. Оценка геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений

Геологическая оценка месторождений предусматривает изучение условий залегания тел полезных ископаемых; определение количества и качества минерального сырья, гидрогеологических и инженерно-геологических особенностей месторождений.

Условия залегания тел полезных ископаемых. При оценке месторождений проводится определение морфологии, глубины и элементов залегания тел полезных ископаемых, их внутреннего строения, тектонической нарушенности [27]. Форма тел полезных ископаемых определяется соотношением трех параметров: длины по простиранию ($L_{пр}$), длины по падению ($L_{пд}$) и мощности (M). Выделяются три морфологических группы тел: изометричные, плитообразные и трубообразные.

Изометричные тела полезных ископаемых ($L_{пр} \approx L_{пд} \approx M$) представлены штоками, штокверками и гнездами. Штоки – это крупные (десятки метров в поперечнике) изометричные залежи сплошного минерального сырья. К этому типу относятся тела каменной соли, слагающие ядра соляных куполов. Штокверки – это преимущественно изометричные блоки горных пород, содержащие разноориентированные прожилки и вкрапленность минерального сырья. Они выделяются крупными размерами (сотни метров в поперечнике), нечеткими границами, их промышленные контуры проводятся по результатам опробования. Штокверки имеют сложное внутреннее строение при относительно невысоких содержаниях полезных компонентов, характерны для порфировых месторождений меди, молибдена, олова, золота. Гнезда – относительно небольшие скопления полезных ископаемых (до 10 метров в поперечнике). Гнездовой характер распределения продуктивной минерализации встречается на некоторых месторождениях золота, ртути, хрома, аметиста, исландского шпата.

Плитообразные (плоские) тела полезных ископаемых ($L_{пр} \approx L_{пл} \gg M$) представлены пластами, жилами, линзами. Пласты ограничены двумя параллельными поверхностями напластования (подошва и кровля). Среди них различают простые пласты (без прослоев пустых пород) и сложные пласты (с прослоями пород). К пластовым месторождениям относятся осадочные месторождения железа, марганца, углей, фосфоритов, солей.

Жила – это протяженное в двух направлениях тело, образовавшееся в результате выполнения трещинной полости минеральным веществом полезного ископаемого или метасоматического замещения горных пород вдоль трещин. По морфологии среди жил различают четковидные, камерные, седловидные, лестничные, ветвящиеся и др. Тела жильной формы наиболее типичны для месторождений золота, олова, вольфрама, барита, флюорита. Линзы по морфологическим особенностям принадлежат к переходным образованиям между изометричными и пластообразными телами. Залежи линзовидной формы получили широкое распространение на колчеданных месторождениях меди, свинца и цинка, месторождениях камнесамоцветного сырья (родонит, нефрит).

Трубообразные тела полезных ископаемых ($L_{пр} \gg L_{пл} \approx M$) вытянуты по одной оси. Характерным представителем этой морфологической группы являются алмазонасные кимберлитовые трубки. Они имеют круглое или эллиптическое сечение, измеряемое десятками и сотнями метров, на глубину прослеживаются по геофизическим данным на несколько километров. Рудные тела трубообразной формы встречаются на некоторых полиметаллических и редкоземельных месторождениях. К этой группе также относятся рудные столбы на месторождениях золота и серебра, сурьмы, лентообразные залежи асбеста.

По глубине залегания подошвы залежей полезных ископаемых от уровня дневной поверхности они подразделяются: на неглубоко залегающие

(до 100 м); средней глубины залегания (100-200 м); глубоко залегающие (200-300 м); весьма глубоко залегающие (300-500 м); исключительно глубоко залегающие (>500 м).

Среди них по мощности различают следующие классы: тонкие (до 0,8 м); маломощные (0,8-3,0 м); средней мощности (3-8 м); мощные (8-30 м); весьма мощные (>30 м).

По величине угла падения тела полезных ископаемых разделяются на четыре группы:

- 1) горизонтальные и весьма пологие (0-10°);
- 2) пологие (10-30°);
- 3) наклонные (30-45°);
- 4) крутопадающие (45-90°).

При характеристике рудных тел определяют их внутреннее и внешнее строение.

По внутреннему строению они подразделяются на простые (без прослоев пустых пород) и сложные (содержат включения и прослои пустых пород). По внешнему строению, характеризующему взаимоотношение рудных тел с вмещающими породами и структурами, выделяют залежи:

- 1) согласные с залеганием вмещающих пород;
- 2) несогласные с вмещающими породами, но контролируемые выдержанными структурами – контактами, дайками, жилами;
- 3) несогласные с вмещающими породами и контролируемые невыдержанными сложными элементами геологического строения.

Тектоническая нарушенность выражается в осложнении рудных тел складчатыми и разрывными структурами. Наиболее важным для оценки месторождений является установление послерудных разрывных нарушений, которые вызывают смещение отдельных частей рудного тела. Среди них различают по направлению вертикальных смещений взбросы и сбросы, по направлению горизонтальных смещений – правые и левые сдвиги.

Запасы полезного ископаемого, характеризующие масштаб месторождения, определяют годовую производительность будущего горного предприятия [64]. Запасы - это количество минерального сырья в недрах, отвечающее по качеству требованиям промышленности. Для разных видов полезных ископаемых запасы отдельных месторождений измеряются от миллиардов тонн до килограмм. По величине запасов месторождения делятся на уникальные, крупные, средние, мелкие (табл. 6).

Группировка месторождений по запасам, т [70] Таблица 6

Руды, металлы	Месторождения			
	уникальные	крупные	средние	мелкие
Железные руды	$>10^9$ *	$(2,5-10) \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^7 - 2,5 \cdot 10^8$	$<5 \cdot 10^7$
Марганцевые руды	$>10^9$	$(3-10) \cdot 10^8$	$(1-3) \cdot 10^7$	$<10^7$
Хромиты	10^8	$10^7 \cdot 10^8$	$(3-10) \cdot 10^6$	$<3 \cdot 10^6$
Никель	$>5 \cdot 10^5$	$(2,5-5) \cdot 10^5$	$(1-2,5) \cdot 10^5$	$<10^5$
Молибден	$>5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^5$	$(2,5-5) \cdot 10^4$	$<1,5 \cdot 10^4$
Олово	$>10^5$	$(2,5-10) \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3 - 2,5 \cdot 10^4$	$<2,5 \cdot 10^4$
Медь	$>5 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^6$	$(2-7) \cdot 10^5$	$<2 \cdot 10^5$
Бокситы	$>5 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^7 - 5 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^7$	$<5 \cdot 10^6$
Полиметаллы	$>5 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^6$	$(2-6) \cdot 10^5$	$<2 \cdot 10^5$
Сурьма	$>10^5$	$(3-10) \cdot 10^4$	$(1-3) \cdot 10^4$	$<10^4$
Ртуть	$>10^6$	$10^4 - 10^6$	$(3-10) \cdot 10^3$	$<3 \cdot 10^3$

Уникальные месторождения единичны в мире по каждому виду полезных ископаемых. В России к ним относятся, например, Яковлевское месторождение железа, Удоканское месторождение меди, Медвежье газовое месторождение. Крупных месторождений насчитывается десятки, они служат сырьевой базой ведущих горнообогатительных предприятий. Уникальные и крупные месторождения отдельных видов сырья обеспечивают в совокупности более 80 % его мировой добычи. Средние месторождения встречаются десятками и сотнями, они обеспечивают сырьевую базу рядовых предприятий. Мелкие месторождения зачастую не имеют самостоятельного значения, экономически рентабельной оказывается лишь их совместная

отработка. Масштаб запасов для разных видов полезных ископаемых может быть различным. Так, для железа уникальными считаются месторождения с запасами более 10^9 т, мелкими -10^7 т, а для золота к уникальным относятся месторождения с запасами более 10^4 т, с мелким менее 25 т.

Для оценки месторождений кроме общего количества запасов важным является определение характера их пространственного распределения в пределах месторождения. Для рудных месторождений концентрация запасов выражается коэффициентом рудоносности, для нерудных месторождений – коэффициентом продуктивности. Коэффициент рудоносности – это отношение суммы интервалов с кондиционным содержанием к общей длине всех разведочных выработок, пройденных в рудовмещающем контуре подсчетного блока. Различают линейный, площадной и объемный коэффициенты рудоносности (K_p). По степени непрерывности оруденения выделяется четыре группы залежей [2]:

непрерывные; слабо прерывистые; прерывистые; крайне прерывистые.

Непрерывные тела на всем их протяжении содержат промышленное оруденение ($K_p=1$). Тела со слабо прерывистым оруденением частично содержат безрудные участки в общем контуре промышленных руд ($K_p=0,7-1$). Прерывистые тела характеризуются примерно одинаковым соотношением объемов, занятых промышленной рудой и непромышленными участками ($K_p=0,4-0,7$). В крайне прерывистых телах участки промышленных руд разобщены крупными безрудными площадями ($K_p<0,4$).

Однако коэффициент рудоносности не отражает характера прерывистости оруденения. Для этой цели служит другой коэффициент, который определяет прерывистость по числу и величине разрывов сплошности оруденения, получивший название коэффициента прерывистости ($K_{пр}$). Он вычисляется по формуле

$$K_{\text{пр}} = \frac{i}{K_p}, \quad (1.2)$$

где i – число прерывов оруденения.

Значения этого показателя могут широко варьировать даже в пределах одной морфологической группы тел полезных ископаемых. Например, пластообразные месторождения цветных металлов по их прерывистости делятся на три группы [11]:

- 1) компактные ($K_{\text{пр}}=0-10$) – Норильское, Талнахское медно-никелевые месторождения;
- 2) прерывистые ($K_{\text{пр}}=10-70$) – Северо-Уральское бокситовое, Миргалимсайское цинково-свинцовое месторождения;
- 3) весьма прерывистые ($K_{\text{пр}}>70$) – Джеккаганское медное, Ново-Бурановское силикатно-никелевое месторождения.

Запасы, являющиеся количественной характеристикой полезного ископаемого, тесно связаны с качественными показателями минерального сырья.

Качество минерального сырья. Под качеством понимается совокупность свойств минерального сырья, обуславливающих его промышленное использование. Полезные ископаемые с позиции оценки качества делятся на три группы [12]:

- 1) ископаемые, в которых ценность представляет вся добываемая из недр горная масса;
- 2) ископаемые, в которых ценным является минерал, обладающий некоторыми особыми свойствами;
- 3) ископаемые, в которых ценность представляет химический элемент (или химическое соединение).

К первой группе относятся нефть, природный газ, гидроминеральное сырье, уголь, стройматериалы, декоративно-облицовочное и керамическое

сырье, огнеупоры, минеральные пигменты. Оценка качества сырья этой группы проводится в соответствии с требованиями технических условий (ТУ), отраслевых и государственных стандартов (ОСТ, ГОСТ). В зависимости от видов сырья к нему предъявляются различные требования. Например, для оценки качества углей определяют содержание влаги, золы, летучих, общей серы и фосфора, теплотворную способность, процентный выход кокса. Состав нефти оценивается по содержанию метановых, нафтеновых и ароматических углеводородов, парафинов, серы и смол. Пригодность и ценность природного камня как облицовочного (мраморы, граниты, лабрадориты) определяется тремя показателями – декоративностью, физико-механическими свойствами и размерами блоков [58], которые могут быть получены на месторождении. Основными параметрами декоративности являются цвет и текстурно-структурные особенности пород. Для оценки физико-механических свойств декоративно-облицовочного сырья устанавливают его плотность, пористость, твердость, полируемость, долговечность, истираемость, водопоглощение и морозостойкость, предел прочности при сжатии и растяжении. По размерности блоки из природного камня согласно ГОСТ 9479-84 должны иметь длину от 0,25 до 3,5 м, ширину и высоту от 0,2 до 2 м. По объему они подразделяются на пять групп: 1) 4,5–8 м³; 2) 2–4,5 м³; 3) 1–2 м³; 4) 0,4–1 м³; 5) 0,01–0,4 м³.

Ко второй группе относятся ювелирные камни (алмазы, рубины, сапфиры, изумруды, аметисты), пьезооптическое сырье (горный хрусталь, исландский шпат, флюорит), слюды (мусковит, флогопит, вермикулит), асбест. Качество минерального сырья этой группы также регламентируется ТУ и ГОСТ. Например, при анализе качества оптического кальцита оцениваются следующие показатели [58]:

- 1) коэффициент светопоглощения; 2) светорассеяние; 3) оптическая однородность; 4) глубина залегания дефектов на полированных

поверхностях; 5) ориентация базисной плоскости (0001); 6) наличие двойниковых вростков; 7) люминесценция; 8) двуосность.

Качественная характеристика ювелирного аметиста в сырье для огранки определяется интенсивностью фиолетового цвета и минимальными размерами бездефектной области камня, по которым выделяются:

высший сорт (15×15×12 мм); I сорт (10×10×8 мм) и II сорт (6×6×5 мм).

Качество изумрудов зависит от интенсивности их окраски, прозрачности и массы. По цвету изумруды делятся на четыре сорта:

1) темно-зеленый; 2) нормально-зеленый; 3) средне-зеленый; 4) светло-зеленый.

Изумрудное сырье по размеру кристаллов и их обломков подразделяется на четыре класса: I – более 20 мм; II – от 10 до 20 мм; III – от 5 до 10 мм; IV – от 2 до 5 мм. По степени прозрачности граненые изумруды делятся на три группы, кабошоны – на две. Для каждого сорта изумрудов выделяется до 14 весовых групп.

К третьей группе относятся руды металлов и горнохимическое сырье (каменная и калийная соли, фосфориты, бораты). Качество сырья этой группы оценивается в массовых содержаниях полезных компонентов и вредных примесей. Содержание металлов в рудах определяется в массовых процентах ценного элемента или соединения. Качество рудоносных песков в россыпных месторождениях (золота, платины, касситерита) выражается в $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$ или $\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$.

Руды делятся на богатые, рядовые и бедные в зависимости от содержания основного ценного компонента, которое для металлов может быть различным (табл. 7). Например, на медных месторождениях к богатым относятся руды с содержанием меди более 2,5 %, рядовым – 1-2,5 %, бедным – 0,3-1 %. На золоторудных месторождениях содержание золота в богатых рудах составляет 10-50 $\frac{\text{г}}{\text{т}}$, рядовых – 3-10 $\frac{\text{г}}{\text{т}}$, бедных – 0,5-3 $\frac{\text{г}}{\text{т}}$.

Таблица 7
Группировка месторождений по содержанию полезных компонентов [70]

Руды, металлы	Содержание полезных компонентов, %		
	высокое (богатые руды)	среднее (рядовые руды)	низкое (бедные руды)
Железные руды	>50	35-50	15-35
Марганцевые руды	>45	30-45	24-30
Никель (в сульфидных рудах)	>1	0,5-1	0,1-0,5
Никель (в силикатных рудах)	>2	1,3-2	1-1,3
Молибден	>0,5	0,2-0,5	0,08-0,2
Олово	>1	0,4-1	0,1-0,4
Медь	>2,5	1-2,5	0,3-1
Свинец	>5	2-5	<2
Полиметаллы	>7	4-7	<4
Сурьма	>5	2-5	<2
Ртуть	>1	0,1-1	<0,1

Качество минерального сырья значительно повышается, когда в нем присутствуют помимо основного компонента попутные полезные ископаемые и компоненты. Последние делятся на три группы в зависимости от формы нахождения, связи с основными для данного месторождения полезными ископаемыми и компонентами [63].

I группа включает полезные ископаемые, образующие самостоятельные пласты, залежи или рудные тела в породах, вмещающих основное полезное ископаемое. К этой группе относятся железные руды на марганцевых месторождениях, золотосодержащие кварциты на меднопорфировых месторождениях, свинцовые руды на месторождениях медистых песчаников, огнеупорные глины на месторождениях бокситов, вскрышные породы, по составу и свойствам пригодные для производства строительных материалов (глины, каолины, песчано-гравийные отложения).

Во II группу входят попутные компоненты, образующие собственные минералы, которые при обогащении могут быть выделены в самостоятельные концентраты или промпродукты. В медноколчеданных

рудах встречаются минералы свинца, цинка, серебра, самородное золото, сера (в пирите и других сульфидах). Для медно-никелевых руд характерно присутствие платины, золота, минералов кобальта и серебра. В ртутных рудах встречаются минералы сурьмы, флюорит и золото. На некоторых месторождениях рудных и нерудных полезных ископаемых проводится попутная добыча камнесамоцветного сырья [30]. Малахит добывается в зоне окисления скарновых медно-железородных месторождений, пироп и хризолит – на месторождениях алмазов, топаз и ювелирный берилл – на пегматитовых месторождениях пьезокварца. Некоторые россыпные месторождения золота и платины содержат горный хрусталь, сапфир, рубин, демантоид.

К III группе относятся примеси в минералах основных и попутных компонентов (изоморфные, механические примеси, микровключения собственных минералов), а также органические и металлические соединения в углях. Попутные компоненты этой группы являются важной сырьевой базой редких и рассеянных элементов. В полиметаллических рудах присутствуют сурьма, кадмий, теллур, таллий, галлий. Для медно-молибденовых руд характерны рений, цезий, селен, теллур. Бокситы содержат галлий, ванадий, скандий, калийные соли – бром и рубидий, апатит-нефелиновое сырье – титан, галлий, стронций, редкие земли.

Оценка качества комплексных месторождений (золото-серебряных, ртутно-сурьмяных, тантало-ниобиевых и др.) проводится с учетом в содержании основного условного компонента содержания попутных компонентов посредством применения переводных коэффициентов, определяющих их относительную ценность

$$K = \frac{C_n \cdot I_n}{C_o \cdot I_o}, \quad (1.3)$$

где C_o и C_n – цена готовой продукции основного и попутного компонентов;

I_o и I_n – коэффициенты извлечения основного и попутного компонентов в готовый продукт.

Содержание условного компонента рассчитывается по формуле

$$C_y = C_o + C_1 K_1 + C_2 K_2 + C_3 K_3 + \dots + C_i K_i \quad (1.4)$$

где C_o – содержание основного компонента;

C_1, C_2, C_3, C_i – содержание попутных компонентов;

K_1, K_2, K_3, K_i – переводные коэффициенты содержаний попутных компонентов в содержание основного компонента.

Примером комплексного использования минерального сырья могут служить медноколчеданные месторождения Урала, на которых помимо основного полезного компонента (меди) производится попутное извлечение из руд цинка, серы, золота, серебра.

Достоверный учет извлекаемых и оставляемых в недрах запасов основных и попутных компонентов при разработке месторождений полезных ископаемых является одним из основных требований по рациональному использованию и охране недр [27]. Комплексность использования полезных ископаемых характеризуется промышленным и потенциальным коэффициентами комплексности, а также их отношением друг к другу [4]. Промышленный коэффициент комплексности ($K_{\text{пром}}$) представляет собой отношение стоимости полезных компонентов, извлекаемых при достигнутом уровне технологии из руд данного месторождения, к стоимости компонентов, учтенных в недрах, в тех же самых ценах

$$K_{\text{пром}} = \frac{\sum_{i=0}^m Q_{oi} \cdot V_{oi} \cdot C_{oi} + \sum_{j=0}^n Q_{oj} \cdot V_{oj} \cdot C_{oj}}{\sum_{i=0}^m Q_{oi} \cdot C_{oi} + \sum_{j=0}^n Q_{oj} \cdot V_{oj} \cdot C_{oj}}, \quad (1.5)$$

где Q_{oi}, Q_{oj} – запасы основного и попутного компонентов в недрах;

V_{oi}, V_{oj} – сквозное извлечение основного и попутного компонентов в товарные виды продукции;

C_{oi}, C_{oj} – цена основного и попутного компонентов в товарной продукции;

m, e – количество извлекаемых основных и попутных компонентов;

n – количество попутных компонентов, учтенных в недрах.

Потенциальный коэффициент комплексности рассчитывается с учетом уровня извлечения полезных компонентов, который можно достигнуть за счет применения наиболее прогрессивных имеющихся или прогнозируемых к внедрению технологий. Общий уровень комплексного освоения запасов месторождения или геолого-промышленного типа определяется отношением промышленного и потенциального коэффициентов комплексности.

Условия залегания тел полезных ископаемых, количество и качество минерального сырья тесно связаны между собой и положены в основу группировки месторождений по сложности геологического строения для целей разведки и эксплуатации (табл. 8). [63].

Эта группировка базируется на качественных признаках, установленных на основе опыта разведки и разработки месторождений. Группировка месторождений твердых полезных ископаемых, основанная на количественных признаках, разработана В. И. Бирюковым и М. Н. Денисовым [11]. К главным признакам месторождений как объектам разведки авторы относят показатель сложности геологического строения объекта (g), коэффициент рудоносности (K_p), коэффициенты вариации мощности тел (V_m), содержания полезных компонентов (V_c), объемной массы полезного компонента (V_d), коэффициент богатства (β).

Коэффициент богатства вычисляется как отношение выявленного среднего содержания полезного компонента по месторождению или части его (C_{cp}) к минимальному промышленному содержанию (C_{min})

$$\beta = \frac{C_{cp}}{C_{min}}. \quad (1.6)$$

Таблица 8
Группировка месторождений по сложности геологического строения

Признаки месторождений	Группы месторождений			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Геологическое строение	Простое	Сложное	Очень сложное	Весьма сложное
Условия залегания	Ненарушенные или слабо-нарушенные	Нарушенные	Интенсивно нарушенные	Интенсивно нарушенные
Мощность тел	Выдержанная или слабо-выдержанная	Изменчивая	Весьма изменчивая	Резко изменчивая
Внутреннее строение	Выдержанное или устойчивое	Изменчивое	Весьма изменчивое	Резко изменчивое
Качество полезного ископаемого	Выдержанное	Невыдержанное	Невыдержанное	Невыдержанное
Распределение основных компонентов	Равномерное	Неравномерное	Весьма неравномерное	Крайне неравномерное
Примеры месторождений	Осадочные пластовые месторождения железа, марганца, калийных солей, фосфоритов, бокситов.	Месторождения хромитов, медноколчеданные, крупные штокверки Cu, Mo, Au, крупные жилы Pb-Zn.	Жилы Mo, Au, Hg, Sn, барита, флюорита.	Гнезда, жиллообразные тела редких металлов, драгоценных камней

В группировке тел полезных ископаемых (табл. 9) к наиболее прерывистым объектам по значению коэффициента рудоносности относятся штокверковые месторождения меди, молибдена, золота, максимальная изменчивость мощности установлена для линзообразных медноколчеданных залежей, жилные месторождения золота, вольфрама, олова выделяются высокими значениями коэффициентов вариации содержания полезных компонентов (V_c) и богатства (β).

Группировка тел полезных ископаемых по их прерывистости и изменчивости
(составлена по [10] с дополнениями авторов)

Таблица 9

Морфологические типы месторождений	коэффициенты				Примеры месторождений
	K_p	$V_m, \%$	$V_c, \%$	β	
Штокверковые месторождения	0,42-0,86	44-113	19-58	1,1-1,9	Порфировые месторождения меди (Коунрадское, Бошекулское), молибдена (Жирекенское, Сорское), золота (Рябиновое, Новое).
Линзообразные залежи	0,58-0,99	47-164	40-193	-	Медноколчеданные месторождения (Красногвардейское, им. III Интернационала, Кабан-V, Левиха-14, Чернушенское, Абатуровское)
Пластообразные месторождения	0,5-1,0	37-91	12-98	1,0-2,7	Месторождения бокситов (Северо-Уральское, Черемуховское), свинцово-цинковые (Миргалимсайское), медистых песчаников (Джезказган), медно-никелевые (Норильское, Талнахское)
Жилообразные тела	-	26-119	18-402	1,1-6,0	Месторождения золота (жилы Покровская, Казанская), вольфрама (жилы Мачеха, Надежда), олова (жилы Волковская, Ноябрьская), флюорита (жилы Главная, Сахалинская).

Примером применения количественных признаков для оценки отдельных видов полезных ископаемых может служить группировка гипергенных месторождений никеля [14]. В нее для описания месторождений включены следующие признаки: размер месторождений (рудных тел), продуктивность, внутреннее строение, изменчивость мощности рудного тела, технологическая однородность, качество и комплексность руд (табл. 10). Использование количественных признаков при оценке месторождений на

всех стадиях работ позволяет оптимизировать геологоразведочный процесс и минимизировать трудовые и денежные затраты на его проведение.

Группировка гипергенных месторождений никеля по сложности геологического строения

Таблица 10

Признаки месторождений	Группы месторождений		
	1-я	2-я	3-я
Площадь рудных тел в контуре месторождений (млн. м ²)	Очень крупные (более 10)	Крупные (1-10) и средние (0,3-1,0)	Мелкие (менее 0,3)
Продуктивность месторождений (количество залежей, содержащих основные запасы)	Высокая (1)	Средняя (2-4)	Низкая (5-10) и весьма низкая (более 10)
Внутреннее строение (коэффициент рудоносности)	Устойчивое (более 0,9)	Слабо прерывистое (0,7-0,9)	Прерывистое (0,4-0,7)
Технологическая однородность (количество технологических типов, субтипов руд)	Высокая (1)	Средняя (2-3)	Низкая (4 и более)
Распределение никеля (коэффициент вариации)	Весьма равномерное (до 20) и равномерное (20-40)	Весьма равномерное (до 20) и равномерное (20-40)	Неравномерное (40-80) и весьма неравномерное (более 80)
Изменчивость мощности рудного тела (коэффициент вариации)	Изменчивая (50-100)	Изменчивая (50-100)	Изменчивая (50-100)
Комплексность руд (количество основных рудных элементов)	Высокая (три)	Средняя (два)	Низкая (один)

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия месторождений оказывают существенное влияние на горнотехнические и экономические условия их разработки. Сложные гидрогеологические и инженерно-геологические условия привели к значительному удорожанию отработки Северо-Уральских бокситовых месторождений, медно-никелевых месторождений Норильского района, железорудных месторождений КМА. Типизация месторождений по степени сложности гидрогеологических

условий, основанная на изучении их обводненности, величины напоров подземных вод, условий залегания водоносных горизонтов, тектонической нарушенности горных пород, агрессивности подземных вод и мерзлотных условий, отражена в табл. 11.

Для изучения гидрогеологических условий разведываемых месторождений в горных выработках и буровых скважинах проводится комплекс специальных исследований [28]. При проходке горных выработок ведутся систематические гидрогеологические наблюдения за всеми водопроявлениями, отмечаются выходы трещинных вод, определяются их дебиты, химический и газовый состав, температура. В горных выработках фиксируются все случаи прорыва подземных вод и появления пльвунов, изменения цвета и состава вод, оползания и обрушения вмещающих пород. Бурение разведочных скважин сопровождается замерах уровня подземных вод и их температуры, отмечаются случаи поглощения промывочной жидкости, выхода газов из скважин, изменения степени трещиноватости пород по стволу скважин. При помощи электрического каротажа скважин проводится оценка пористости, проницаемости и водоносности пород. Направления и скорости движения подземных вод устанавливаются методом заряженного тела в гидрогеологическом варианте. Для определения мест притока подземных вод в скважины применяются резистивиметрия и термический каротаж. На месторождениях, сложных по гидрогеологическим условиям, осуществляется бурение кустов гидрогеологических скважин для проведения полевых опытно-фильтрационных работ (откачки, нагнетания и налива воды в скважины), изучение режима и баланса подземных вод.

Типизация месторождений по степени сложности гидрогеологических условий [15]

Характеристика гидрогеологических условий	Гидрогеологические условия		
	Простые	Средней сложности	Сложные
1	2	3	4
Обводненность; фильтрационные свойства горной массы	Слабая; коэффициенты фильтрации – сотые, реже десятые доли метра в сутки	Значительная; коэффициенты фильтрации от 0,1 до $2^m/сут$	Повышенная; коэффициент фильтрации $> 3^m/сут$
Наличие постоянно действующего интенсивного источника поступления воды	Отсутствует	Возможная связь с источником питания затруднена (источник питания отделен породами слабой водопроницаемости)	Характерно наличие прямой связи с источником питания (река, озеро, водообильный перекрывающий горизонт)
Глубина выработок	До 300 м	До 500 м	Более 500 м
Величина срабатываемых напоров подземных вод	Повышенные водопритоки составляют десятки, реже первые сотни кубических метров в сутки	При небольшой (до 100м) мощности водоносного горизонта или зоны экзогенной трещиноватости водопритоки до $1500^m/ч$	Значительная мощность водоносного горизонта или зоны трещиноватости, водопритоки до $10000^m/ч$
Условия питания возможных горизонтов, обводняющих месторождение	Месторождение в аридной или полуаридной зоне, годовая сумма осадков не превышает 300 мм. реки характеризуются поверхностным стоком до 2 мес. в году	Месторождение в переходной по увлажнению зоне. сумма осадков 300-600 мм меженный сток рек близ месторождения до $1^m/с$	Месторождение в гумидной зоне. сумма осадков более 600 мм, меженный сток рек более $2^m/с$
Применение специальных методов проходки горных выработок	Обычно не применяются	При вскрытии ослабленных зон, применяется в основном бурение опережающих скважин, другие специальные методы используются редко	Практически вся проходка ведется с бурением опережающих скважин, широко применяются другие специальные методы (замораживание, создание цементных завес и др.)

Окончание таблицы 11

1	2	3	4
Тектоническая нарушенность горных пород	Рыхлые породы ненарушенные; в скальных и полускальных породах нарушенность слабая, внезапных прорывов подземных вод из ослабленных зон не наблюдается	Горные породы нарушены тектонически ослабленными зонами, вскрытие их приводит к внезапным прорывам подземных вод и увеличению водопритоков на десятки – первые сотни кубических метров в час	Горные породы интенсивно нарушены тектоническими процессами, ослабленные зоны интенсивно обводнены, вскрытие их приводит к прорывам подземных вод и увеличению водопритоков на тысячу и более кубических метров в час
Агрессивность подземных вод по отношению к конструктивным материалам	Не агрессивны или слабо агрессивны; не требуется применение сульфатостойких цементов и др.	Умеренно агрессивны к некоторым материалам, например к бетону; необходимо применение сульфатостойких цементов, иногда замена стальных деталей алюминиевыми и др.	Агрессивны по отношению ко всем конструктивным материалам (бетон, металлы), требуется применение специальных цементов, защитных покрытий, постоянное наблюдение за их состоянием
Мерзлотные условия	Месторождение вне криолитозоны	Месторождение в зоне островной маломощной многолетней мерзлоты, что иногда приводит к прорывам воды в горные выработки; в зоне сплошной мерзлоты с температурой пород ниже -4°C эксплуатация горных выработок без оттаивания	Месторождение в рыхлых породах с чередованием мерзлых и талых разностей, с повышенной льдистостью, с протаиванием мерзлоты в процессе эксплуатации

Квалификация гидрогеологических условий по степени сложности определяет содержание рекомендаций по способу осушения месторождения [15]. В простых условиях применяется система попутного осушения с ограниченным объемом специальных дренажных мероприятий, путем организации внутришахтного водоотлива. В сложных условиях

используются схемы предварительного осушения при помощи автономных водоприемных систем. Среди них различают скважинные системы и системы дренажных горных выработок, сооружение которых опережает вскрытие и разработку месторождения. Для обеспечения проходки шахтных стволов широкое распространение получило замораживание массива. Для месторождений, залегающих в криолитозоне, устанавливается возможность протаивания пород в процессе эксплуатации, изучаются характер мерзлоты (островная, сплошная), мощности мерзлых пород и сезонного слоя, температура пород, их льдистость, наличие таликов.

Для отдельных типов месторождений, в зависимости от способа их разработки, проводят специальные исследования. Например, для россыпных месторождений, обрабатываемых дражным способом, определяют условия фильтрации подземных вод и возможность устройства запруд для подъема воды на участках, где ее глубина недостаточна для работы драги или создания обратного водоснабжения [34]. На месторождениях предусматриваются также мероприятия по очистке карьерных (шахтных) вод, извлечению из них полезных компонентов, охране действующих и проектируемых водозаборов, формированию хвостохранилищ и гидроотвалов.

Особые требования к гидрогеологическим условиям предъявляются на месторождениях полезных ископаемых (урана, золота, серы, каменной соли, углей), разрабатываемых геотехнологическими методами подземного, кучного и бактериального выщелачивания, подземной выплавки, газификации, скважинной гидродобычи [7]. Например, к благоприятным для подземного выщелачивания по гидрогеологическим условиям относятся месторождения со значительной проницаемостью рудных тел (коэффициент фильтрации $3-5 \text{ м}^2/\text{сут}$ и более) и слабой водопроницаемостью их кровли,

соотношением между мощностью рудной залежи и мощностью вмещающих ее водоносных пород не более 1:7.

При отработке соляных залежей методом подземного растворения гидрогеологическая обстановка месторождения должна соответствовать следующим требованиям:

- 1) отсутствие поглощающих разломов и водоемов, которые могут быть соединены с камерами растворения;
- 2) наличие водоупоров в кровле и почве соляных пластов.

Водопроницаемость пород, покрывающих и подстилающих соляные пласты, значительно осложняет разработку залежей. В таких случаях для обеспечения герметичности скважин в кровле и почве соляных пластов оставляют предохранительные целики соли.

Основными показателями инженерно-геологических условий месторождений являются:

- 1) физико-механические свойства полезных ископаемых, вмещающих их пород и перекрывающих отложений;
- 2) трещиноватость, тектоническая нарушенность, закарстованность пород;
- 3) углы падения тел полезных ископаемых и вмещающих пород;
- 4) условия залегания пород в тектонически ослабленных зонах, их прочностные свойства и обводненность;
- 5) величина гидростатического напора;
- 6) положение полезного ископаемого относительно базисов эрозии.

Эти показатели положены в основу типизации месторождений по сложности инженерно-геологических условий на простые, сложные и очень сложные (табл. 12).

Таблица 12

Типизация месторождений по степени сложности инженерно-геологических условий [15]

Инженерно-геологические условия	Месторождения, расположенные в несцементированных песчано-глинистых породах	Месторождения, расположенные вне зоны многолетнемерзлых пород, залегающие преимущественно в скальных породах	Месторождения, расположенные в зоне многолетней мерзлоты
Простые	Тип 1а - на небольших глубинах выше местного базиса эрозии	Тип 2а - среди слаботрещиноватых, не дислоцированных, слабо-обводненных пород, однородных по составу и не содержащих прослоев нетрещиноватых пород	Средн низкотемпературных мерзлых пород, лишённых талликов и минерализованных межмерзлотных вод
Сложные	Тип 1б - ниже уровня подземных вод, в разрезе присутствует песчаная толща или толща песчано-глинистых пород с величиной гидростатических напоров <100м, динамические запасы вод ограничены; коэффициент фильтрации >1%/сут	Тип 2б - среди обводнённых пород, имеющих ослабленные снижающие поверхность, устойчивость пород в бортах карьеров и подземных выработках, подземные воды способствуют деформациям пород	Средн песчано-глинистых пород, у которых температура близка к нулю; при оттаивании в породах возникают неблагоприятные для горных работ геокриологические явления; имеются таллики, при вскрытии которых выработками проронсходят прорывы подземных вод и пылевунов
Очень сложные	Тип 1в - среди сильно обводнённых пород большой мощности с большими гидродинамическими напорами и благоприятными условиями питания подземных вод; породы обладают особо неблагоприятными инженерно-геологическими свойствами или условиями залегания; осуществление штатных мероприятий затруднено из-за высокой водоотдачи пород	Тип 3а - среди монолитных, не выветрелых пород, ослабленные содержащих карстовых полостей, осложняющие разработку	Средн песчано-глинистых пород, у которых температура близка к нулю; при оттаивании в породах возникают неблагоприятные для горных работ геокриологические явления; имеются таллики, при вскрытии которых выработками проронсходят прорывы подземных вод и пылевунов

Для определения физико-механических свойств полезных ископаемых и вмещающих горных пород на стадиях разведки и разработки месторождений для полускальных и скальных пород при испытаниях в лабораторных условиях и массиве устанавливают их объемную массу, плотность минеральной части, естественную влажность, водопоглощение и водонасыщение, пористость, временное сопротивление сжатию и растяжению, коэффициент крепости пород, модуль Юнга, коэффициент Пуассона [66]. Для рыхлых связных грунтов определяют минеральный и гранулометрический состав, минералогическую и объемную плотность, влажность, пористость, предел пластичности, показатель консистенции, сопротивление сдвигу.

В условиях многолетней мерзлоты по скважинам и горным выработкам проводится комплекс криологических исследований, включающий отбор и лабораторное изучение мерзлых и немерзлых пород, определение их прочности, влажности, льдистости, плотности, величины относительного сжатия при переходе от мерзлого состояния в талое. Для прогнозной оценки устойчивости горных выработок осуществляются массовые замеры элементов залегания трещин, описывается строение брекчированных и катаклазированных зон, экспериментально определяются коэффициенты разрыхления, буримость, кусковатость пород и руд.

По результатам инженерно-геологических исследований разрабатываются рекомендации по предупреждению развития явлений, осложняющих разработку месторождений (карсты, обрушения, суффозия, горные удары). В их задачу входит также определение участков и площадок для выбора мест заложения капитальных горных выработок, размещения отвалов, объектов промышленного и гражданского строительства.

1.3. Оценка горнотехнических условий разработки месторождений

Оценка горнотехнических условий разработки месторождений предусматривает обоснование рационального способа и системы разработки месторождения, определение величины потерь и разубоживания полезных ископаемых, производительности горнодобывающего предприятия и срока эксплуатации месторождения.

Способ разработки месторождения может быть открытым, подземным, комбинированным, с одновременным или последовательным проведением открытых и подземных работ, или геотехнологический. На выбор способа разработки месторождений оказывают влияние глубина, морфология и условия залегания тел полезных ископаемых, ценность добываемого минерального сырья. Способ добычи полезных ископаемых определяется вариантным методом путем расчета фактического (K_B^{ϕ}) и предельного (K_B^n) коэффициентов вскрыши по формулам:

$$K_B^{\phi} = \frac{V_k - V_p}{V_p}, \quad (1.7)$$

$$K_B^n = \frac{C_n - C_o}{C_B}, \quad (1.8)$$

где V_k — объем карьера, m^3 ;

V_p — объем руды, m^3 ;

C_n, C_o — себестоимость добычи 1 т полезного ископаемого при подземном и открытом способах разработки, р;

C_B — себестоимость выемки 1 т вскрышных пород, р.

После их сопоставления делается вывод о способе разработки месторождения: открытый ($K_B^{\phi} < K_B^n$); подземный ($K_B^{\phi} > K_B^n$); комбинированный ($K_B^{\phi} = K_B^n$).

На современном этапе развития техники и технологии открытой разработки месторождений в СНГ более 80 % руд черных и цветных металлов, драгоценных камней и алмазов добывается из глубоких карьеров [5]. Глубина наиболее крупных карьеров колеблется от 284 до 770 м, величина углов откоса бортов изменяется от 29° до 53° (табл. 13). Величина коэффициентов вскрыши на карьерах составляет от первых единиц до десятков. Открытый способ разработки месторождений по сравнению с подземным способом характеризуется следующими преимуществами [73]:

- 1) Обеспечивает более высокую безопасность труда и лучшие производственные условия.
- 2) Сроки строительства карьеров в 2-3 раза меньше сроков строительства шахт равной производственной мощности. Удельные капитальные затраты на строительство карьеров в 2-4 раза меньше, чем на строительство шахт.
- 3) При открытой разработке легче производить раздельную добычу различных сортов минерального сырья.
- 4) Производительность труда на карьерах в 2-8 раз выше, а себестоимость в 1,5-4 раза ниже, чем в шахтах (табл. 14).

Системы открытой разработки месторождений полезных ископаемых классифицируются в зависимости от способа перемещения вскрыши, формы развития рабочей зоны, расположения фронта работ в плане и направления его перемещения (табл. 15) [73].

Выбор системы разработки определяется конкретными условиями залегания тел (углом падения, мощностью, глубиной). При эксплуатации неглубоко залегающих (до 20-45 м) горизонтальных и пологих пластовых месторождений угля, железа, марганца относительно небольшой мощности (до 20-30 м) экономически эффективным является применение

бестранспортной сплошной системы разработки с формированием внутренних отвалов.

Разработка залежей и пластов большой мощности на таких месторождениях осуществляется уже с использованием транспортной сплошной системы с внутренним или внешним отвалообразованием. Добыча руд цветных металлов на месторождениях, представленных наклонными и крутопадающими залежами и штокверками, проводится с применением транспортной углубочной системы разработки.

Таблица 13
Параметры крупных отечественных и зарубежных карьеров [5]

Карьер	Местонахождение	Глубина, м	Размеры по поверхности, м	Угол откоса бортов, град
Сибайский	Россия	480	1200×1060	40-45
Гороблагодатский	-//-	300	1230×1250	-
Сорский	-//-	500	3000×1800	40-45
Оленегорский	-//-	390	2900×950	-
Ковдорский	-//-	564	2140×1620	29-37
АЛРОСА	№1	525	1130×1080	50
	№2	284	600×560	46
	№3	600	2050×1450	42
Коунрадский	Казахстан	500	-	40-45
Сарбайский	-//-	650	3200×2400	-
Соколовский	-//-	490	3450×1600	-
Качарский	-//-	720	3450×3020	-
ЮГОК	Украина	300	3000×2300	-
Ингулецкий	-//-	700	2950×2050	-
Кальмакырский	Узбекистан	460	990×1140	39-43
Кургашинский	-//-	340	-	39-45
Чукикамата	Чили	770	-	40
Бингем	США	770	3600×3600	-
Беркли	-//-	480	1400×1000	45
Меткалф	-//-	701	1500×2100	53

Сравнение экономических показателей добычи угля на Урале открытым и подземным способом по годам (по [80])

Таблица 14

Показатели	АО "Челябинскуголь"			АО "Вахрушевуголь"		
	1990	1995	1996	1990	1995	1996
Добыча угля, тыс. т						
на разрезах	5219	3062	3000	3638	2616	2639
на шахтах	7589	2995	3299	702	372	428
Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля, т						
на разрезах	129	77	79	187	178	184
на шахтах	56	27	33	33	20	26
Себестоимость 1т угля, добытого на разрезах по сравнению с себестоимостью угля добытого на шахтах, %	70	60	62	28	26	28

Классификация систем открытой разработки месторождений полезных ископаемых

Таблица 15

Индекс системы	Наименование систем разработки в зависимости от			
	способа перемещения вскрыши	развития рабочей зоны	расположения фронта работ в плане	направления перемещения фронта работ
А	Бестранспортная	Сплошная	Продольная	Одно- или двухбортовая
			Веерная	Центральная или рассредоточенная
			Кольцевая	Центральная или периферийная
Б	Транспортная	Сплошная	Продольная, поперечная	Одно- или двухбортовая
			Веерная	Центральная или рассредоточенная
			Кольцевая	Центральная или периферийная
		Углубочная	Продольная, поперечная	Одно- или двухбортовая
			Веерная	Рассредоточенная
			Кольцевая	Центральная
В	Комбинированная	Сплошная и углубочная	Те же в различных сочетаниях	

Комбинированная система открытой разработки с использованием автомобильно-конвейерного транспорта широко применяется при добыче алмазов из кимберлитовых трубок на глубоких карьерах Якутии. Внедрение этой системы позволило снизить себестоимость разработки 1 м³ пород на месторождениях алмазов в 1,5-3 раза, по сравнению с использованием автомобильного транспорта.

Подземный способ разработки месторождений полезных ископаемых наряду с его относительно высокими капитальными вложениями и себестоимостью обладает определенными достоинствами, выраженными в возможности добычи полезных ископаемых на большой глубине и в суровых климатических условиях, ограничении объемов перемещаемой горной массы, позволяющем минимизировать ущерб, наносимый окружающей среде горными работами. Глубина подземной отработки месторождений обычно не превышает 1000 м, за исключением ЮАР, где на глубине от 2000 до 3000 м и более проводится добыча золотоносных конгломератов Витватерсранда.

Классификация систем подземной разработки месторождений полезных ископаемых основана на способах поддержания очистного пространства (табл. 16) [9].

Выбор системы подземной разработки проводится методом исключения с учетом постоянных и переменных факторов. К постоянным факторам относятся мощность и угол падения рудных тел, физико-механические свойства (крепость, устойчивость) руды и вмещающих пород. Переменные факторы включают форму рудного тела, глубину разработки, ценность руды, склонность руды и вмещающих пород к возгоранию, окислению, слеживаемости. Зависимость себестоимости добычи при подземном способе и производительности труда забойного рабочего от принятой системы разработки отражена в табл. 17.

Таблица 16

Классификация систем подземной разработки месторождений полезных ископаемых

Класс	Группа	Система разработки
I. Системы разработки с естественным поддержанием очистного пространства	А. Системы с естественным поддержанием очистного пространства и механизированной доставкой в нем руды	1. Сплошная система. 2. Камерно-столбовая система.
	Б. Системы с естественным поддержанием очистного пространства и самотечной доставкой в нем руды	3. Камерная система. 4. Система с отбойкой из магазина.
II. Системы без поддержания выработанного пространства	А. Системы этажного обрушения	1. Этажное принудительное обрушение со сплошной выемкой. 2. Этажное принудительное обрушение с компенсационными камерами. 3. Этажное самообрушение.
	Б. Системы подэтажного обрушения	4. Подэтажное обрушение с торцевым выпуском. 5. Подэтажное обрушение с донным выпуском.
III. Системы разработки с искусственным поддержанием очистного пространства	А. Системы с закладкой	1. Однослойная выемка с закладкой. 2. Горизонтальные слои с закладкой. 3. Наклонные слои с закладкой. 4. Система разработки тонких жил с раздельной выемкой. 5. Нисходящая слоевая выемка с твердеющей закладкой.
	Б. Системы с креплением и последующим обрушением	6. С распорной крепью. 7. С усиленной распорной крепью. 8. Столбовая система с обрушением. 9. Слоеое обрушение.

При разработке горизонтальных и пологих мощных рудных тел наиболее производительными и экономически эффективными являются системы с естественным поддержанием очистного пространства, особенно камерно-столбовые, с подэтажной и камерно-этажной выемкой руды. При крутом падении жильных рудных тел преимущественно применяются системы разработки с магазинированием руды.

Таблица 17

Сравнительные оценочные показатели основных вариантов систем подземной разработки жильных месторождений золота

Системы разработки	Производительность труда забойного рабочего, м ³ /смену	Себестоимость 1 м ³ руды, %
Крутое падение		
Слоеое обрушение	0,90	100
С магазинированием	0,28-0,60	38-74
С креплением	0,5-0,90	71-96
С закладкой	0,70-0,90	73-93
С креплением и закладкой	1,10	116
Пологое падение		
С открытым очистным пространством	0,69-1,25	74-128
С креплением	1,00	110
С закладкой	1,10-1,25	117-126
С креплением и закладкой	0,56-1,18	58-119

Трудоемкие и дорогостоящие системы с закладкой или креплением использовались в условиях неустойчивой руды или вмещающих пород, при разработке богатых руд, при необходимости выдачи сернированной руды, на пожароопасных месторождениях сульфидных руд [56]. На выбор системы подземной разработки решающее влияние может оказать ценность полезного ископаемого. Например, при добыче такого высокоценного сырья как изумруды на Малышевском месторождении успешно применялась система нисходящей слоевой выемки с твердеющей закладкой, позволившая значительно уменьшить потери кристаллосырья.

Комбинированный способ эксплуатации месторождений предусматривает доработку приконтурных запасов полезных ископаемых, залегающих непосредственно под дном, в бортах и за контурами карьеров при переходе с открытых работ на подземные. В этом случае в зависимости от горногеологических условий применяют различные системы разработки – камерные, с закладкой выработанного пространства, с обрушением.

Опыт открыто-подземной разработки месторождений показывает, что наиболее характерными схемами вскрытия приконтурных запасов являются [75]:

- 1) штольни с использованием карьерного и шахтного транспорта;
- 2) наклонные конвейерные стволы;
- 3) вертикальные стволы;
- 4) железнодорожные тоннели;
- 5) автомобильные уклоны в зону карьера;
- 6) наклонные съезды.

Одним из важных факторов сравнительной экономической оценки приведенных схем вскрытия является длина транспортирования. В этом отношении наименьшую длину имеют вертикальные и конвейерные стволы, которые по длине в 5-17 раз меньше в сравнении с железнодорожными тоннелями.

Применение подземных выработок для отработки глубоких горизонтов карьеров существенно улучшает технико-экономические показатели открытых разработок [5]. В частности, это выражается в значительном уменьшении (до 30-80 %) расстояния транспортирования горной массы на глубоких карьерах при вскрытии их подземными выработками (табл. 18).

Таблица 18
Расстояния транспортирования горной массы на отечественных глубоких карьерах

Карьер	Без использования подземных выработок, км	При использовании подземных выработок	Сокращение расстояния	
			км	%
Блявинский	5,8	2,8	3,0	52
Каула	6,5	4,57	1,03	30
Ново-Бакальский	11,0	4,41	6,59	60
Алтын-Топканский	12,0	2,4	9,6	80
Каджаранский	2,2	1,0	1,2	55
Хайдарканский	6,5	3,04	3,46	53
Наугарзанский	9,0	5,5	3,5	39

Потери и разубоживание полезных ископаемых приводят к уменьшению их запасов, снижению качества сырья и увеличению себестоимости его обогащения и переработки.

Разница между количеством подсчитанных и извлеченных балансовых запасов полезных ископаемых образует потери. При добыче потери руды подразделяются на общерудничные потери в охранных целиках и эксплуатационные потери, возникающие как в массиве полезного ископаемого, так и при его отделении от массива (табл. 19) [62].

Таблица 19
Классификация потерь руды при добыче

I класс. Общерудничные потери	
Потери в утвержденных охранных (предохранительных) целиках, оставляемых около капитальных горных выработок, под зданиями и сооружениями, коммуникациями, водоемами, около крупных тектонических нарушений	
II класс. Эксплуатационные потери	
1 группа. Потери полезного ископаемого в массиве:	2 группа. Потери полезного ископаемого, отделенного (отбитого) от массива:
1) в целиках подготовительных выработок, внутри выемочного пространства; 2) на контактах рудного тела с вмещающими породами; 3) в местах выклинивания на флангах рудных тел, на участках между совместно залегающими жилами или выемочными слоями; 4) в подработанных, разрушенных горным давлением или оползаниями участках рудного тела; 5) в затопленных, заваленных целиках и на недоработанных участках.	1) в результате оставления в выработанном пространстве; 2) в подготовительных и очистных выработках, в местах закладки; 3) в результате смешивания при выпуске с обрушенными породами; 4) вследствие попадания в породные отвалы; 5) при взрывных работах, погрузочно-разгрузочных операциях, в местах складирования и сортировки, транспортировке; 6) в местах завала руды из за преждевременного обрушения отработанных блоков, камер.

Разубоживание – это потери качества полезного ископаемого в процессе добычи. Оно выражается в снижении содержания полезных компонентов в добытой рудной массе по сравнению с содержанием их в балансовых запасах.

Первичное и вторичное разубоживание полезных ископаемых при добыче образуется в результате примешивания забалансовых руд и пустых пород, выщелачивания полезных компонентов (табл. 20). Величина потерь и разубоживания зависит от морфологии и размеров рудных тел, их внутреннего строения, характера распределения полезных компонентов, принятой системы разработки. Основная доля эксплуатационных потерь и разубоживания руд возникает при отработке приконтактных зон рудных тел, состоящих из кондиционных и некондиционных руд и вмещающих пород.

Таблица 20

Классификация разубоживания руды при добыче [62]

1 группа. Первичное разубоживание (при отбойке):	2 группа. Вторичное разубоживание:
1) в результате прирезки вмещающих пород при отработке залежей сложной формы, маломощных жил; 2) при совместной отбойке руды и вмещающих прослоев пород, не учтенных при подсчете запасов; 3) из-за различных углов падения контактов рудного тела и уступов карьера; 4) вследствие оставления предохранительного слоя в "торфах" при вскрытии и задира плотика при отработке россыпей; 5) в бортовых откосах разреза.	1) из-за окисления пород всячего бока или обрушения; 2) в результате попадания в руду закладочного материала из ранее отработанных блоков; 3) при зачистке мест погрузки и разгрузки руды; 4) из-за примешивания в добытую руду пород из выработок, пройденных по вмещающим породам; 5) в результате вовлечения в добычу пород из вывалов, обрушений, оползней бортов выработок; 6) выщелачивание металла, содержащегося в руде в форме растворимых соединений.

При добыче полезных ископаемых открытым и подземным способами применяются прямой, косвенный и комбинированный методы учета уровня потерь и разубоживания.

Прямой метод заключается в определении объемов потерянной руды и разубоживающей породы в натуре на основе маркшейдерских съемок и замеров при наличии четких контактов рудных тел с вмещающими породами. При нечетких контактах тел полезных ископаемых, определении

их контуров по результатам опробования используется косвенный метод, основанный на сопоставлении количества добытой руды и погашенных балансовых запасов в пределах выемочной единицы (блока, уступа) – при определении потерь, и на сравнении средних содержаний полезного компонента в массиве и добытой руде – при определении разубоживания. Для установления потерь и разубоживания также применяются петрографические, графоаналитические и статистические методы.

Комбинированные методы состоят в сочетании в зависимости от горно-геологических условий эксплуатации прямых и косвенных приемов учета потерь количества и качества полезных ископаемых. Для дифференцированного учета фактических потерь и разубоживания руд во внутренней части залежей и приконтактных зонах (кровле, подошве и флангах тел) предлагается выделять внутриконтурные и приконтурные выемочные единицы рудника [37]. Такое разделение эксплуатируемых месторождений в контурах погашения запасов обосновывается тем, что на приконтурную выемочную единицу приходится 85-90 % всех фактических эксплуатационных потерь и разубоживания руд, а на внутриконтурную – лишь 10-15 % их объема.

Величина потерь и разубоживания руд рассчитывается по формулам

$$1) n = 100 \cdot \left[1 - \frac{Q_d \cdot (C_d - C_n)}{Q_b \cdot (C_b - C_n)} \right]; \quad (1.9)$$

$$2) n = 100 \cdot \left[1 - \frac{Q_d \cdot C_d}{Q_b \cdot C_b} \right] \text{ при } C_n = 0; \quad (1.10)$$

$$3) r = 100 \cdot \left[\frac{C_b - C_d}{C_b - C_n} \right]; \quad (1.11)$$

$$4) r = 100 \cdot \left[\frac{C_b - C_d}{C_b} \right] \text{ при } C_n = 0, \quad (1.12)$$

где Q_d – количество добытой рудной массы;

- Q_6 – погашенные балансовые запасы в недрах;
- C_d – содержание металла в добытом полезном ископаемом;
- C_6 – содержание металла в полезном ископаемом в недрах;
- C_n – содержание металла в разубоживающей породе.

Уровень потерь и разубоживания полезных ископаемых зависит от горно-геологических условий эксплуатации месторождений, применяемых способов и систем разработки. При открытом способе разработки залежей полезных ископаемых карьерами достигается наименьшая величина потерь (4-6 %) и разубоживания (5-10 %). При подземной разработке месторождений наиболее высокий уровень потерь и разубоживания установлен при применении систем с массовым обрушением (n – 15-25 %, r – 15-20 %), характеризующихся высокой производительностью, наименьший уровень – при использовании дорогостоящих и менее производительных систем с креплением и закладкой очистного пространства (n – 3-7 %, r – 5-10 %).

Фактический уровень потерь и разубоживания на некоторых месторождениях приведен в табл. 21.

Таблица 21
Значения потерь и разубоживания на различных месторождениях [70]

Месторождения	Эксплуатационные потери, %	Разубоживание, %
Свинцово-цинковые	5-6	17-18
Оловорудные	10-11	17-18
Никель-кобальтовые	4-5	6-8
Вольфраммолибденовые	5-6	7-8
Меднорудные	4-5	9-10
Железорудные	2-3	3-4
Угольные	4-10	1-2

Для сокращения величины потерь и разубоживания руды при добыче следует [62]:

- 1) уточнять контуры рудных тел в процессе отбойки полезного ископаемого;

- 2) вести селективную отработку руд и пород;
- 3) не допускать смешивания руды с породой при всех операциях добычи;
- 4) тщательно зачищать рудные контуры от пород перед взрывом;
- 5) качественно выполнять погрузочно-разгрузочные операции, сортировку и транспортировку руды;
- 6) организовать складирование бедных и забалансовых руд в специальных отвалах.

Производительность горнодобывающего предприятия на стадии его проектирования рассчитывается упрощенно по формуле

$$A_p = \frac{Q_3}{T_3}, \quad (1.13)$$

- где A_p – годовая производительность предприятия по руде, млн. т;
 Q_3 – эксплуатационные запасы руды, млн. т;
 T_3 – оптимальный срок эксплуатации месторождения, лет.

Эксплуатационные запасы руды определяются по формуле

$$Q_3 = \frac{Q(1-n)}{(1-r)}, \quad (1.14)$$

- где Q – геологические запасы полезного ископаемого в недрах, млн. т;
 n – потери при добыче, доли ед.;
 r – разубоживание при добыче, доли ед.;

Коэффициент изменения качества руды при добыче (K_k) рассчитывается упрощенно при допущении отсутствия полезных ископаемых в разубоживающих породах по формуле

$$K_k = 1-r, \quad (1.15)$$

Приближенная оценка оптимального времени существования горнодобывающего предприятия проводится по методу, предложенному

Тейлором, в зависимости от величины эксплуатационных запасов (табл. 22) [43].

Таблица 22

Зависимость между величиной эксплуатационных запасов и сроком эксплуатации месторождения

Эксплуатационные запасы, млн т	0,1	1	5	10	25	50	100	250	350	500	700	1000
Средняя продолжительность работы рудника, лет	4	7	10	12	14	17	21	26	28	31	33	36

Годовая производительность горнодобывающего предприятия по горным возможностям рассчитывается согласно [3]:

- 1) по интенсивности разработки месторождения;
- 2) по условиям развития очистных работ на месторождении.

В первом случае годовая производственная мощность карьеров и подземных рудников определяется по формуле

$$A_p = \frac{H \cdot S \cdot d \cdot (1 - n)}{K_k}, \quad (1.16)$$

где A_p – максимальная производительность добычи руды, т/год;

H – годовое понижение карьера или очистной выемки по вертикали в среднем по всей площади полезного ископаемого на месторождении, м/год;

S – площадь полезного ископаемого на месторождении, м²;

d – объемная масса полезного ископаемого, т/м³.

Величина среднего годового понижения зависит от способа и системы разработки месторождения, размера карьера или шахтного поля, этажности выемки (табл. 23, 24) [29]. В соответствии с условиями залегания тел полезных ископаемых (углом падения, мощностью залежей) к выбранным значениям годового понижения применяются поправочные коэффициенты (табл. 25).

Таблица 23

Категории шахтных полей в зависимости от мощности пласта, длины по простиранию и рудной площади месторождения

Категория шахтного поля	Размеры шахтного поля	Тонкие и средней мощности пласты; длина поля по простиранию, м	Мощные пласты (более 15 м)	
			Длина поля по простиранию, м	Рудная площадь, м ²
I	мелкие	до 600	до 300	до 500
II	средние	600-1000	300-600	5000-12000
III	крупные	1000-1500	600-1000	12000-25000
IV	очень крупные	более 1500	более 1000	более 25000

Таблица 24

Зависимость годового понижения от размера карьеров, категории шахтных полей и этажности разработки

Открытый способ		Подземный способ		
Размер карьеров	Годовое понижение, м	Категория шахтных полей	Этажность выемки	Годовое понижение, м
Мелкие (до 0,5 км ²)	10 и более	I	Одноэтажная	18-30
			Двухэтажная	22-45
			Многоэтажная	30-60
Средние (0,5-2 км ²)	7-15	II	Одноэтажная	15-25
			Двухэтажная	18-30
			Многоэтажная	20-40
Крупные (2-5 км ²)	5-12	III	Одноэтажная	12-22
			Двухэтажная	15-25
Очень крупные (более 5 км ²)	3-10	IV	Одноэтажная	8-15
			Двухэтажная	10-20

Таблица 25

Поправочные коэффициенты к годовому понижению в зависимости от угла падения и мощности рудного тела

Угол падения залежи, град	Поправочный коэффициент	Мощность залежи, м	Поправочный коэффициент
90	1,2	до 5	1,25
60	1,0	5-15	1,0
45	0,9	15-25	0,8
30	0,8	больше 25	0,6

Определение годовой производительности рудника по интенсивности разработки месторождения применяется преимущественно при эксплуатации наклонных и крутопадающих залежей.

При разработке горизонтальных и пологопадающих залежей расчет годовой производительности рудника проводится по условиям развития очистных работ на месторождении. Годовая производительность горного предприятия при подземной разработке месторождения устанавливается в этом случае в зависимости от производительности одиночного забоя в пределах выемочной единицы (камеры, блока) и числа выемочных единиц, находящихся в стадии очистной выемки [29]. В этом случае годовая мощность рудника, например при камерной разработке месторождения, будет равна

$$A_p = \frac{n \cdot d \cdot L \cdot g}{\mu} = \frac{n \cdot p}{\mu}, \quad (1.17)$$

где d – ширина камеры;
 n – число камер в работе;
 L – среднегодовое подвигание забоя в камерах с учетом резерва;
 g – выход руды с 1 м² рудного тела;
 p – среднегодовая производительность камеры;
 μ – коэффициент добычи очистными работами.

При открытом способе добычи полезных ископаемых годовая производительность карьера по руде может быть определена по формулам (1.18) и (1.19)

$$A_p = \frac{p \cdot N \cdot t \cdot T}{\left(1 + \frac{B}{100}\right)}, \quad (1.18)$$

где p – сменная производительность экскаватора в забое по руде;
 N – число забоев;
 t – число рабочих смен в сутки;

T – число рабочих дней в году;

B – ширина карьерного поля по полезному ископаемому, м.

$$A_p = V_n \cdot m \cdot L_n \cdot d, \quad (1.19)$$

где V_n – скорость продвижения фронта работ по полезному ископаемому, м/год;

m – средняя мощность пласта, м;

L_n – длина обрабатываемого пласта, м;

d – плотность полезного ископаемого, т/м³.

Годовая производительность горнодобывающего предприятия по горной массе определяется по формуле

$$A_{гм} = A_p + A_b \cdot d_b, \quad (1.20)$$

где A_p – годовая производительность по руде, тыс т;

A_b – производительность по вскрыше, тыс м³;

d_b – плотность вскрышных пород, т/м³.

Годовая производительность по вскрыше рассчитывается по формуле

$$A_b = \frac{V_b}{T_э}, \quad (1.21)$$

где V_b – объем вскрышных пород, тыс м³;

$T_э$ – срок эксплуатации месторождения, лет.

В период эксплуатации месторождения величина A_b устанавливается с учетом коэффициента неравномерности ведения вскрышных работ ($\lambda=1,15-1,8$) за весь период разработки [73].

Для достижения проектной годовой производительности горнодобывающего предприятия по руде или горной массе требуется определенный срок, который соизмерим со сроком строительства предприятия. Для небольших предприятий с производительностью до 0,5 млн т/год предполагается освоение мощности на 100 % в первом году. Для средних предприятий с производительностью от 0,5 до 3 млн т/год при

подземной разработке месторождения предусматривается достижение 75 % мощности в первый год и 100 % – во второй год эксплуатации, для открытого способа – 80, 100 % соответственно. Для крупных предприятий с производительностью свыше 3 млн. т/год при подземной разработке месторождения устанавливается достижение проектной мощности за три года эксплуатации: 70 % - первый год, 85 % - второй год, 100 % – третий год, для открытого способа – 75, 90, 100 % соответственно.

Срок строительства предприятия по добыче руды (T_c) регламентируется строительными нормами и правилами в зависимости от годовой производительности рудника или обогатительной фабрики, географического положения объекта и принятого способа разработки [43].

1.4. Технологическая оценка минерального сырья

Исследование технологических свойств полезных ископаемых предназначено для обоснования рациональных схем обогащения и переработки минерального сырья. При оценке рудных месторождений проводится определение технологических показателей обогащения (выхода концентрата, извлечения металлов в концентрат, содержания металлов в концентрате и хвостах обогащения) и способов металлургического передела (гидрометаллургического, пирометаллургического, электроплавки) руд. Обогащением называются процессы первичной переработки минерального сырья, приводящие к выделению продуктов с повышенным (концентрат) и пониженным (хвосты обогащения) содержанием полезных компонентов в сравнении с содержанием их в исходной руде.

По назначению процессы обработки разделяются на подготовительные, основные и вспомогательные [6]. Рудоподготовка включает процессы дробления, измельчения, классификации, обеспечивающие раскрытие рудных минералов. Дробление и измельчение руд является наиболее энергоемким процессом, затраты на него нередко достигают 80 % всех затрат

на обогащение. Основными процессами обогащения являются гравитационная, магнитная и электрическая сепарация, флотация. Гравитационная сепарация, основанная на разделении минералов по плотности в водной среде, является основным методом обогащения при разработке россыпных месторождений золота, платины, алмазов, касситерита. Сухая и мокрая магнитная сепарация применяется для выделения магнетита из немагнитной массы при обогащении железных руд. Электрическая сепарация используется для доводки черновых концентратов редкометалльных руд, алмазов. С помощью флотации выделяют минералы, различающиеся по смачиваемости водой, для получения селективных сульфидных концентратов, обогащения руд благородных и редких металлов, некоторых видов химического сырья (апатит, флюорит).

Обогащение комплексных руд нередко проводится по более сложным схемам с сочетанием гравитационных, флотационных и магнитных способов. К вспомогательным процессам обогащения относятся процессы обезвоживания, окускования, усреднения руд.

В соответствии с выбранной схемой обогащения составляется система уравнений материального баланса [31]:

$$\begin{cases} C_p \cdot 1 = C_k \cdot j_k + C_x \cdot j_x \\ 1 = j_k + j_x \end{cases}, \quad (1.22)$$

где C_p, C_k, C_x – соответственно содержание полезного компонента в добытой руде, концентрате и хвостах обогащения, отн.ед.;

j_k, j_x – выход концентрата и хвостов обогащения в долях от массы сухой руды.

Из этих двух уравнений находят j_k и j_x по формулам

$$j_k = \frac{C_p - C_x}{C_k - C_x}, \quad (1.23)$$

$$j_x = 1 - j_k = \frac{C_k - C_p}{C_k - C_x} \quad (1.24)$$

Далее определяют извлечение металла в концентрат (ϵ_k) и хвосты обогащения (ϵ_x) по формулам:

$$\epsilon_k = \frac{C_k \cdot j_k}{C_p}, \quad (1.25)$$

$$\epsilon_x = \frac{C_x \cdot j_x}{C_p}. \quad (1.26)$$

Эти величины также могут быть рассчитаны по формулам

$$\epsilon_k = \frac{M_k}{M_p}, \quad (1.27)$$

$$\epsilon_x = \frac{M_x}{M_p}, \quad (1.28)$$

где M_p , M_k , M_x — соответственно массовые доли полезного компонента в добытой руде, концентрате и хвостах обогащения. Для их расчета применяются формулы

$$M_p = Q_d \cdot (1 - W) \cdot C_p; \quad (1.29)$$

$$M_k = Q_d \cdot (1 - W) \cdot j_k \cdot C_k; \quad (1.30)$$

$$M_x = Q_d \cdot (1 - W) \cdot j_x \cdot C_x, \quad (1.31)$$

где Q_d — масса добытой руды, т;

W — влажность руды, отн.ед.

Отношение массы добытой руды (Q_d), поступившей на обогащение, к массе полученного концентрата (Q_k) называется степенью сокращения руды:

$$K_c = \frac{Q_d}{Q_k}, \quad (1.32)$$

где
$$Q_k = Q_d \cdot (1 - W) \cdot j_k. \quad (1.33)$$

После проведения по выбранной схеме обогащения технологических испытаний руд, например железистых кварцитов (рис. 2), разрабатывается технологическая классификация руд (табл. 26), в которой приводится характеристика их вещественного состава, степени раскрытия рудных минералов, выхода концентрата, извлечения полезного компонента, обогатимости [36].

Годовая производительность обогатительной фабрики при оценке месторождений обычно устанавливается в зависимости от производственной мощности кооперированного с ней горнодобывающего предприятия:

$$A_o = \frac{A_p \cdot C_p \cdot K_k \cdot \epsilon_k}{C_k}, \quad (1.34)$$

где A_p — годовая производительность рудника, т руды;

C_p — содержание металла в руде по данным забойного опробования, %;

C_k — содержание металла в концентрате, %;

K_k — коэффициент изменения качества руды с учетом разубоживания, доли ед.;

ϵ_k — извлечение металла в концентрат при обогащении, доли единицы.

Если предприятие по добыче руды входит в состав горнометаллургического комбината, осуществляется оценка не только обогащения минерального сырья, но и его металлического передела.

В последние годы широко применяется гидрометаллургический способ передела руд для проведения кучного и чанового выщелачивания на месторождениях урана, цветных, благородных и редких металлов. Для выщелачивания соединений в качестве растворителей используются серная кислота, едкий натр, углекислые соли, растворы хлоридов.

Одним из современных способов гидрометаллургии является бактериальное выщелачивание, представляющее процесс извлечения

металлов из руд, горных пород, концентратов и растворов с использованием микроорганизмов или продуктов их жизнедеятельности [67]. С его помощью проводится выщелачивание меди и урана из бедных, забалансовых руд кучным, чановым и подземным способами. Для выщелачивания применяются железоокисляющие бактерии, термофильные микроорганизмы. Рост и окислительную активность этих культур определяют ежедневно по изменению pH, Eh, соотношению Fe^{2+}/Fe^{3+} , а также по количеству биомассы и концентрации выщелачиваемых металлов в жидкой фазе пульпы.

Пирометаллургический способ передела руд включает совокупность процессов (обжиг, плавка, конвертирование, рафинирование, дистилляция), протекающих при высоких температурах [12]. Обжиг проводится в многоподовых печах (производство меди, ферромолибдена), в муфельных печах (редкие металлы), на агломерационных машинах. Плавка осуществляется в шахтных печах (доменное производство, получение Pb, Ni, Cu), отражательных печах (мартеновское производство), электропечах (производство стали, ферросплавов, Cu, Ni), циклонных камерах (переработка Cu-Zn сырья). Конвертирование заключается в продувке воздухом или кислородом расплавленных материалов с присадкой флюсов и небольшого количества сырья для получения Cu, Ni. Рафинирование состоит в обработке расплавленных черновых металлов с помощью присадок (солей, щелочей, металлов) в отражательных печах (производство Cu, Zn, Au), котлах (получение Pb, Sn). Дистилляция выражается в переводе восстанавливаемого металла в печах в парообразное состояние с последующей конденсацией (производство Pb, Zn, Sn, Ti).

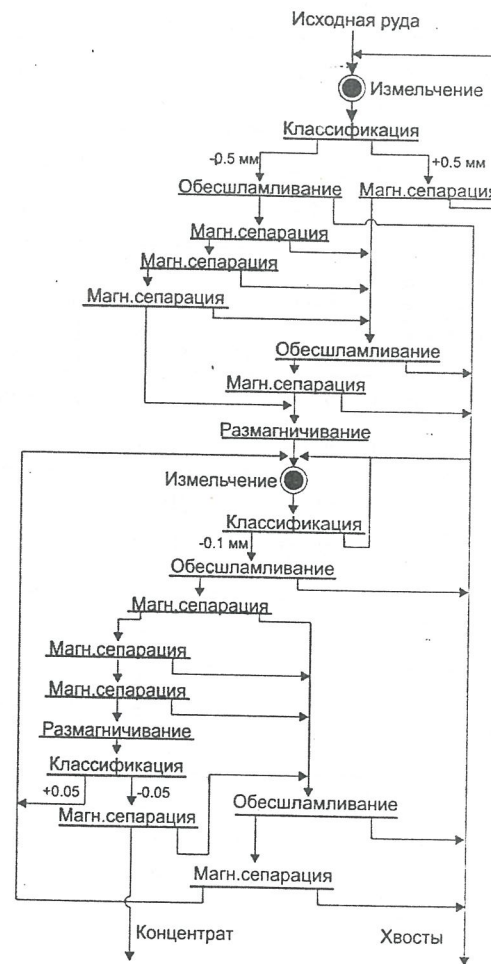


Рис. 2. Схема обогащения проб магнетитовых кварцитов

Тип руды	Вещественный состав	Размер выделенных в рудных минералах	Степень измельчения руд	Степень раскрытия, % (f)	Содержание Fe, %			Выход концентрата, % (i)	Извлечение Fe, % (ε)	Обогащенность руд
					В руде (Ср)	В концентрате (Ск)	В хвостах (Сх)			
I	Магнетитовые кварциты средне- и широкополосчатые	Магнетит 0,06-0,35 мм, кварц 0,05-0,08 мм	77%-0,074 мм	70-75	56-60	10,5-12,0	48-53	83-86	Легко- и средне-обогащаемые	
			92,5%-0,074 мм 92,5%-0,054 мм	83-90 90-95	62-68 64-66	10,4-11,7 9,8-10,2	47-50,8 44,7-46,0	83,9-84,2		
II	Магнетитовые кварциты неясностроено-полосчатые	Поцелинговые и мраморитовые породы с кварцитами и кварца и магнетита	77%-0,074 мм	35-50	57-58	11,7-12,6	50-54	86-87	Трудно-обогащаемые	
			95,5%-0,074 мм 92,5%-0,054 мм	70-85 89-93	60-62 63,5-65,5	10,0-11,9 8,9-10,9	49-52 46-47,8	86-87,3 83,9-84,2		
III	Хлорит-карбонат-магнетитовые и карбонат-магнетитовые кварциты	Магнетит 0,07-0,18 мм, кварц 0,05-0,08 мм, карбонат 0,03-0,07 мм, силликаты 0,08-0,155 мм	77%-0,074 мм	70-75	59,5-60	11,5-13,6	43,4-45,0	78-83	Легко-обогащаемые	
			92,5%-0,074 мм 92,5%-0,054 мм	85-95 95-97	63,0-64,5 65-67	11,3-13,5 10,9-14,0	38,0-42,1 31-37,6	72-78 61-64		
IV	Магнетит-хлорит-сидеритовые кварциты	Магнетит 0,04-2 мм, карбонат 0,06-0,08 мм, кварц 0,03-0,08 мм, силликаты 0,15-0,25 мм	92,5%-0,074 мм	90-95	65,7-66,5	7-13,4	25,3-27,9	64,9-65,5	Средне- и легко-обогащаемые	

Извлечение полезных компонентов в конечную товарную продукцию, ее ассортимент по маркам принимаются по фактическим данным горнометаллургических комбинатов на основе проведенных технологических испытаний. Сквозное извлечение металла в конечный товарный продукт (ε) определяется по формуле

$$\varepsilon = \varepsilon_k \cdot \varepsilon_m, \quad (1.35)$$

где ε_k , ε_m – извлечение полезного компонента при обогащении и металлургическом переделе.

Годовой выпуск металла (A_m) рассчитывается по формуле

$$A_m = A_p \cdot C_d \cdot \varepsilon, \quad (1.36)$$

где A_p – годовая производительность рудника;

C_d – содержание полезного компонента в добытой руде;

ε – сквозное извлечение металла.

При оценке нерудных месторождений полезных ископаемых разрабатываются схемы обогащения и переработки для отдельных видов сырья в соответствии с требованиями промышленности к его качеству. Первичная переработка некоторых видов неметаллического сырья (стройматериалы, асбест, слюда) заключается в сортировке продукции на классы (сорта, типы, марки), различающиеся по назначению и ценности. Особенностью технологической оценки месторождений драгоценных камней является применение схем обогащения, обеспечивающих максимальную сохранность ценных минералов. Например, при обогащении проб алмазонасных кимберлитов используется установка УКА-1, осуществляющая операции дробления на фрезерной щековой дробилке до крупности 10 мм, избирательное измельчение в центробежной дробилке с роликами, футерованными твердой резиной, рентгенолюминесцентное обогащение с последующим разделением на фракции в тяжелых средах и фиксацией мелких классов. При этом достигается сохранность алмазов до 97,6 % [36].

Для обогащения алмазного сырья применяется липкостная сепарация, основанная на способности минералов прилипать к жирам. Высокий результат сохранности и извлечения кристаллосырья, в частности, был получен на Малышевской изумрудоизвлекающей фабрике при использовании для обогащения скруббер-дезинтегратора и установки фотонейтронной сепарации [35].

На месторождениях камнесамоцветного сырья и декоративно-облицовочного камня важным технологическим показателем служит процентный выход камня-сырца, кристаллосырья, кондиционных блоков [22, 55]. Величина этого показателя варьирует в широких пределах в зависимости от сложности геологического строения месторождений, структурно-морфологического типа минерализованных тел (пластообразные, линзовидные и жильные мономинеральные тела, штокверки, минерализованные зоны сложного строения). Так, выход сортового сырья из горной массы согласно [19] на Шайтанском месторождении агата-переливта составил от 27 до 90 %, на месторождении аметиста Тальян – от 0,43 до 6,86 %.

Схема первичной переработки проб камнесамоцветного сырья на примере аметиста (рис. 3) включает его ручную сортировку, обогащение (в карьере, на промплощадке, в цехе) и галтовку, после которой сырье поступает в камнерезный цех. При оценке месторождений декоративно-облицовочного сырья (гранита, мрамора) определяют его физико-механические (плотность, пористость) и горнотехнологические свойства (коэффициент размягчения, истираемость), выход блочного камня и облицовочной плиты (табл. 27). Кроме того, устанавливают выход декоративного щебня из отходов основного производства. Если на изучаемом месторождении по результатам технологических испытаний получен выход блочного камня и облицовочной плиты ниже минимального выхода,

установленного действующими кондициями, разрабатываются мероприятия по его повышению. Например, на Коркодинском месторождении мрамора проектный выход блочного камня по данным геологоразведочных работ составлял всего 8,5 %. Применение на Коркодинском мраморном карьере наиболее прогрессивной технологии добычи блочного камня с использованием камнерезных машин с алмазным канатом и строчечных буровых установок позволило увеличить выход кондиционных блоков из горной массы до 41 % [13].

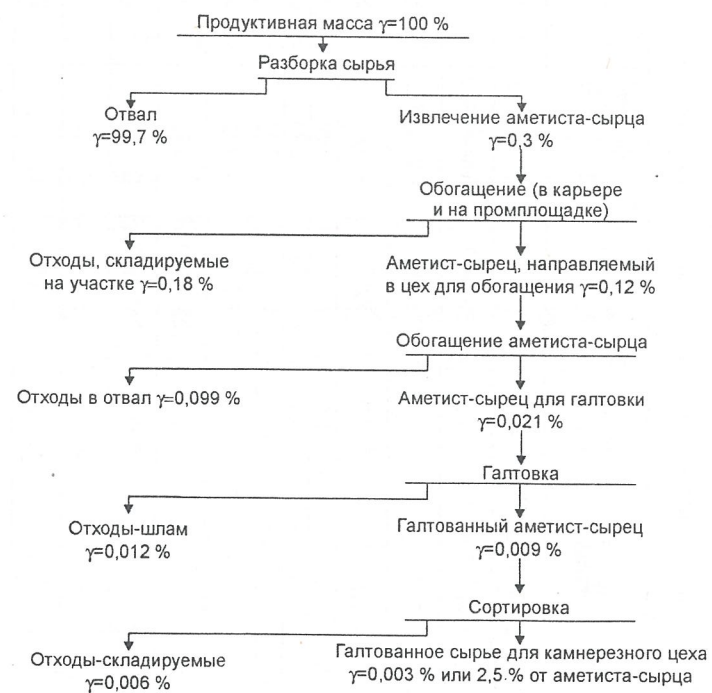


Рис. 3. Схема обогащения проб аметиста

Таблица 27
Физико-механические и технологические показатели месторождений декоративно-облицовочного камня России (по [21, 53])

Месторождение, сырье	Плотность, d т/м ³	Пористость, P, %	Предел прочности при сжатии, $\sigma_{сж}$ МПа	Коэффициент размягчения, K_p	Истираемость, И, г/см ³	Выход блочного камня, В _б , %	Выход облицовочной плитки, В _п , %
Кашина Гора, гранит	3,10	0,81	115-249,0	0,872	0,24	26	—
Прохорово-Баландинское, мрамор	2,70-2,79	1,42	77,6-166,0	0,84-0,88	—	18-26	18
Уфалейское, мрамор	2,71-2,80	—	478-1350	0,82-1,00	1,62	27-40	19,8
Пуштулимское, мрамор	2,72-2,79	2,95	828	0,86	1,57	13-20	11
Изрбельское, гранит	2,63	1,17-1,52	1272	0,90	0,30	39,9	11
Буровщина, мрамор	2,71-2,76	0,10-0,38	459-926	0,83	0,93	7-9	12
Орленок, гранодиорит	2,75	1,49	1297	0,93	0,66	33	17,7
Каменногогорское, гранит	2,70	0,37-2,61	771-2400	0,71	0,38	20	—
Сибирское, гранит	2,72	2,30	1237-2090	0,91	0,46	74	—
Головыринское, гранит	2,72	3,32	1365-2707	—	1,17	35	6,5
Полевское, мрамор	2,72	0,08-0,78	504-1126	—	1,3-2,3	17,4	—
Мраморское, мрамор	2,72	1,10-4,00	113-852	0,72-0,90	2,74	27-34	16
Коселгинское, мрамор	2,73	0,37-0,49	512-14717	0,82	2,44	32	18,5

1.5. Экономическая оценка месторождений

Экономическая оценка резервных и эксплуатируемых месторождений включает определение величины инвестиций на формирование фондов промышленного и непромышленного назначения, а также инвестиций в оборотные средства, эксплуатационных затрат на добычу и переработку полезных ископаемых, показателей эффективности освоения месторождений.

Инвестиции предназначены, в первую очередь, для создания основных производственных фондов горного предприятия. По своей структуре последние подразделяются на промышленные и непромышленные. Промышленными объектами капиталовложений являются [29]:

- 1) на подземных рудниках – наземный шахтный комплекс (копер, надшахтное здание, здание подъемных машин, компрессорная), горнокапитальные выработки (стволы шахт, квершлагги, водосборники), машины и оборудование (подъемные машины, насосы, вентиляторы, оборудование для очистных работ), вспомогательные и подсобные цехи (энергетическое хозяйство, водоснабжение, внешние транспортные магистрали);
- 2) на карьерах – комплекс вскрывающих и добычных выработок, оборудование для буровзрывных работ, выемки и погрузки горной массы, сооружения, здания и оборудование автомобильного и железнодорожного транспорта, линии электропередач и понизительные подстанции, сооружения и здания обслуживающего назначения (ремонтные мастерские, гаражи);
- 3) на обогатительных фабриках – основные цехи (сухого дробления, измельчения и классификации, концентрации, обезвоживания, хранения концентратов, приготовления и распределения реагентов, хвостохранилища), вспомогательные цехи (водоснабжения, энергоснабжения, опробования, и автоматического управления,

ремонтные цехи), внешний железнодорожный, автомобильные транспорт.

Непромышленные фонды – это объекты социального, жилищного и бытового назначения.

Величина инвестиций в освоение резервных месторождений обычно определяется по аналогии с действующими горнодобывающими предприятиями, находящимися в сходных горно-геологических условиях разработки, или по укрупненным нормативам, действующим на дату проведения оценки месторождения [43, 47]. Капитальные вложения (инвестиции) в строительство рудника, карьера (K_p) и обогатительной фабрики (K_ϕ) рассчитываются по формулам

$$K_p = K_{yp} \cdot A_p, \quad (1.37)$$

$$K_\phi = K_{y\phi} \cdot A_\phi, \quad (1.38)$$

где K_{yp} , $K_{y\phi}$ – удельные капитальные затраты на 1т годовой производительности по руде и концентрату, р;

A_p , A_ϕ – производительность рудника и обогатительной фабрики по руде и концентрату, тонн в год.

Капитальные вложения в строительство линий электропередач, автомобильных и железных дорог устанавливаются в соответствии с нормативами удельных капитальных затрат на 1 км сооружений, их протяженностью и поправочными коэффициентами, учитывающими район строительства, рельеф местности и ряд других параметров. Инвестиции на предстоящие геологоразведочные работы для подготовки месторождения к промышленному освоению определяются путем составления сметы на проведение геологоразведочных работ.

Прочие капитальные вложения включают инвестиции в строительство объектов, жилищного, коммунального и культурно-бытового назначения, затраты на землеотвод, выплату бонуса и др. Отдельному выделению

подлежат инвестиции природоохранного характера. Прочие затраты ориентировочно составляют 10-15 % для малых и средних предприятий и 20-25 % для крупных предприятий от суммы капитальных вложений на строительство рудника (карьера) и обогатительной фабрики.

Общие капиталовложения в освоение месторождения (K_o) включают затраты на строительство рудника (карьера) и обогатительной фабрики, объектов энергоснабжения, теплоснабжения и водоснабжения, линий связи, затраты на транспорт, на проведение геологоразведочных работ, природоохранных мероприятий, строительство объектов жилищного и культурно-бытового назначения, прочие затраты.

Оборотные средства горнодобывающего предприятия – это средства, которые при эксплуатации месторождения непрерывно расходуются и пополняются. В структуру оборотных средств горного предприятия входят производственные запасы (сырье, взрывчатые вещества, материалы, цемент, топливо, тарные материалы, запасные части, малоценные и быстроизнашивающиеся предметы), незавершенное производство, расходы будущих периодов, готовая продукция, расчеты с дебиторами за товары, работы и услуги, авансы, выданные поставщикам и подрядчикам, краткосрочные финансовые вложения, денежные средства [77]. При оценке месторождения важным показателем является первоначальная величина оборотных средств, которая необходима на период времени между реализацией товарной продукции в первом году эксплуатации и получением выручки. Этот период обычно составляет три месяца. Поэтому при расчетах величину первоначальных оборотных средств (ОБ) приближенно принимают на уровне 25 % от годовых эксплуатационных затрат (З г) [47]

$$ОБ = 0.25 \cdot З г. \quad (1.39)$$

Общая величина инвестиций в освоение месторождений составляет:

$$I_o = K_o + ОБ. \quad (1.40)$$

Дополнительному учету подлежат инвестиции в развитие социальной инфраструктуры (I_C), которые могут устанавливаться на основе укрупненных расчетных показателей по всем ее элементам в виде удельных нормативов капиталовложений в расчете на 1 человека

$$I_C = \sum_{i=1}^n q_i \cdot H_i, \quad (1.41)$$

где q_i – удельные капитальные вложения на нормативную единицу i -го вида услуг в расчете на 1 человека;

$i=1 \dots n$ – индекс вида услуг.

Размер I_C ориентировочно принимается равным $(0,3-0,5) \cdot K_0$.

Источники финансирования горных проектов включают [12]:

- 1) Собственный капитал инвесторов.
- 2) Краткосрочные (до 1 года) и долгосрочные (свыше 1 года) кредиты финансовых учреждений.
- 3) Инвестиционные налоговые кредиты.
- 4) Акционерный капитал.
- 5) Лизинг.

Эксплуатационные затраты. Оцениваются они тремя основными способами: статистическим, проекта-аналога и укрупненных прямых расчетов [12].

Статистический способ обычно применяется для проведения предварительных оценочных расчетов на ранних стадиях геологоразведочных работ. Он заключается в статистическом анализе себестоимости добычи и переработки 1 т минерального сырья в зависимости от производительности по нескольким действующим горным предприятиям, имеющим близкие горно-геологические условия эксплуатации и находящимся в сходных экономических условиях и определении на этой основе средней величины удельных эксплуатационных затрат. Обращение к

проекту-аналогу и укрупненным расчетам имеет место при обосновании постоянных разведочных кондиций, инвестиционных проектов освоения месторождений. При оценке эксплуатационных затрат на основе данных проекта отработки аналогичного по промышленному типу месторождения в величину расходов по отдельным статьям вводят корректирующие поправки на различие географо-экономических и горно-технических условий эксплуатации оцениваемого месторождения и объекта-аналога. Наиболее объективным является прямой расчет себестоимости с использованием удельных нормативов по основным статьям затрат.

Эксплуатационные затраты на добычу и переработку полезного ископаемого состоят из цеховых, общекомбинатских и внепроизводственных расходов [47]. При подземной добыче полезного ископаемого цеховые эксплуатационные затраты, рассчитываемые с помощью укрупненных показателей себестоимости добычи руды, зависят от годовой производительности рудника, глубины залегания, способа вскрытия и системы разработки. При открытой добыче они определяются по укрупненным нормативам в зависимости от годовой производственной мощности, глубины карьера и коэффициента вскрыши. Затраты на обогащение полезного ископаемого рассчитываются по укрупненным показателям цеховой себестоимости обогащения в зависимости от проектной производительности обогатительной фабрики, выбранной схемы обогащения и комплексности минерального сырья.

В горной промышленности основные производственные фонды делятся на две группы [77]:

- 1) фонды, непосредственно связанные со сроком отработки месторождения (горные выработки, производственные площади, специализированные здания);

2) все остальные основные фонды предприятия (машины, оборудование, транспорт, инвентарь).

Для первой группы размер ежегодных амортизационных отчислений рассчитывается по формуле

$$A_0 = N_{\text{ит}} \cdot A_p, \quad (1.42)$$

где $N_{\text{ит}}$ – потонная норма амортизации, руб;

A_p – годовая производительность рудника (карьера), млн. т;

В горнодобывающей промышленности потонная ставка определяется по формуле

$$N_{\text{ит}} = \frac{OC}{Q_3}, \quad (1.43)$$

где OC – балансовая стоимость основных средств, руб;

Q_3 – эксплуатационные запасы минерального сырья, млн. т

Для всех остальных основных фондов годовые амортизационные отчисления устанавливаются по формуле

$$A_0 = N_a \cdot OC \cdot K / 100, \quad (1.44)$$

где N_a – норма амортизации, %;

K – поправочный коэффициент, учитывающий условия эксплуатации.

Норма амортизации определяется по формуле

$$N_a = \frac{OC - 3_{\text{л}}}{OC \cdot T_a} \cdot 100, \quad (1.45)$$

где OC – балансовая стоимость основных средств, р;

$3_{\text{л}}$ – ликвидационные затраты при выбытии основных средств из употребления, р;

T_a – амортизационный период, лет.

Амортизация предназначена для возмещения износа основных производственных фондов (средств) за счет постепенного перенесения их стоимости на вновь созданную продукцию в процессе ее производства.

Нормативный срок службы (амортизационный период) основных средств варьирует от одного года до 30 и более лет. В зависимости от этого разработана классификация основных средств, включающая выделение 10 амортизационных групп [52].

Общекombинатские расходы составляют обычно 8-10 % от цеховых эксплуатационных затрат. Внепроизводственные затраты включают расходы на проведение погрузочно-разгрузочных работ, транспортировку концентрата до линии железной дороги общего пользования.

Эксплуатационные затраты делятся [44] на переменные (зарплата, материалы, сырье и т. п.), абсолютная величина которых меняется пропорционально изменению объемов производства, а относительная величина в расчете на единицу продукции остается неизменной, и условно-постоянные (цеховые и общекombинатские) расходы, абсолютная величина которых практически не меняется в зависимости от объемов производства, а относительная (в расчете на единицу продукции), напротив – изменяется.

При выполнении расчетов могут быть использованы нормативы удельных капитальных вложений и эксплуатационных затрат, приведенные в работе [10].

Важным элементом оценочных расчетов в условиях рыночных отношений является плата за кредит (выплата банковского процента). Деньги, необходимые для освоения месторождения, могут предоставляться в кредит за определенную плату и на определенный срок. Расчет платы за кредит включает решение четырех взаимосвязанных вопросов: величина кредита, размер учетной ставки, срок выплаты банковского процента и распределение этой выплаты во времени [43].

Величина выплаты за кредит или банковского процента (Б) определяется по формуле

$$B = I_0 \cdot \left\{ \frac{[(1+q_1)^{T_c} - 1] \cdot (1+q_1)}{T_c \cdot q_1} - 1 \right\}, \quad (1.46)$$

где I_0 – величина кредита равного сумме общих инвестиций, млн. р;

T_c – срок строительства предприятия, лет;

q_1 – учетная банковская ставка, доли ед.

Размер учетной ставки по сложным процентам принимается минимальный на уровне 10 % без учета поправки на инфляцию и премии за риск. Срок выплаты банковского процента рассчитывается по формуле

$$T_b = \frac{\log\left(1 - \frac{I_0}{\Pi_r} \cdot q_1\right)}{\log(1+q_1)}, \quad (1.47)$$

где: Π_r – годовая прибыль после уплаты обязательных отчислений и платежей, млн. р

Распределение выплаты банковского процента по годам проводится при помощи метода "суммирования чисел" или линейного метода, при котором выплата осуществляется ежегодно равными долями.

Показатели экономической эффективности освоения резервных месторождений рассчитываются в базовом и коммерческом вариантах. В базовом варианте геолого-экономической оценки месторождений в состав затратных показателей не включаются установленные законодательством налоговые платежи, относимые на себестоимость продукции, а также платежи по кредитам банков и льготы. На основе базовой оценки устанавливаются потенциальные балансовые запасы месторождения. Коммерческая оценка позволяет выделить среди балансовых запасов месторождения активные запасы, которые в настоящее время могут быть отработаны в условиях конкурентного рынка с приемлемым экономическим эффектом. Сопоставление количества и качества этих запасов определяет возможный характер мер государственной поддержки горнодобывающего

предприятия (налоговые и иные льготы), обеспечивающих наиболее полное и комплексное использование запасов месторождения, в том числе целесообразность его разработки на условиях соглашения о разделе продукции между инвестором и государством (СРП). Соизмерение равноновременных показателей при оценке месторождений осуществляется в результате приведения (дисконтирования) их к базисному моменту времени – началу строительства горнодобывающего предприятия. Для учета фактора времени в экономических расчетах применяются [44, 45]

коэффициент дисконтирования

$$K_D = \frac{1}{(1+E)^T}, \quad (1.48)$$

коэффициент аннуитета (ежегодной ренты)

$$K_A = \frac{(1+E)^T - 1}{(1+E)^T \cdot E}, \quad (1.49)$$

где T – число лет;

E – норма дисконта, принимаемая равной приемлемой для инвестора норме дохода на капитал. В горной промышленности эта норма колеблется от 10% при разработке месторождений строительных материалов до 25% при эксплуатации месторождений золота и драгоценных камней.

Для расчета норм дисконтирования прибыли используют стандартный и упрощенный методы [78]. По первому методу при инвестировании собственного капитала норма дисконтирования определяется по формуле

$$E = iR + MRR \cdot Ri, \quad (1.50)$$

где iR – темп инфляции, % год;

MRR – минимальная привлекательная реальная норма прибыли в год;

Ri – коэффициент инвестиционного риска.

В случае инвестирования за счет заемных средств или размещения акций расчет нормы дисконтирования производится по формуле

$$E = \alpha d + (1 - \alpha) \cdot i, \quad (1.51)$$

где α – доля акционированного капитала в инвестированном капитале

$$(0 \leq \alpha \leq 1);$$

$(1 - \alpha)$ – доля заемного капитала в инвестированном капитале;

d – дивидендные выплаты на акционерный капитал;

i – процентные выплаты по ссуде.

По упрощенному методу норма дисконтирования прибыли принимается равной усредненной процентной ставке по долгосрочным банковским кредитам. Норма дисконта (E) в базовом варианте геолого-экономической оценки месторождения принимается равной 10 %, в коммерческом варианте не ниже 15 % [63].

Одним из основных экономических понятий, используемых при оценке месторождений, является денежный поток. Он представляет движение наличных средств, будущих реальных денежных поступлений (приток) и расходов (отток) при эксплуатации месторождения, иллюстрирующих финансовые результаты от возможной реализации инвестиционного проекта. Чистый денежный поток (ЧДП, CF) определяется как ежегодная разница между валовой прибылью от реализации продукции и выплачиваемыми налогами, процентами по кредитам, оборотным капиталом [44]. Расчет чистого денежного потока осуществляется на период (горизонт расчета) срока отработки запасов. При этом в расчете при неравномерных ежегодных денежных потоках применяется коэффициент дисконтирования (K_D), при равных ежегодных денежных потоках – коэффициент аннуитета (K_A):

$$И = \sum_{t=0}^T (\text{ЧДП} \cdot K_D), \quad (1.52)$$

$$И = \sum_{t=0}^T (\text{ЧЧД} \cdot K_A), \quad (1.53)$$

где $И$ – капиталовложения в проект (инвестиции);

T – расчетный период (в общем случае от начала строительства до ликвидации горного предприятия).

Денежные потоки могут выражаться в текущих, прогнозных или дефлированных ценах в зависимости от того, в каких ценах представлены на каждом шаге их притоки и оттоки [45].

Текущими называются цены, заложенные в проект без учета инфляции. K прогнозным относятся цены, ожидаемые (с учетом инфляции) на будущих шагах расчета. Дефлированными считаются прогнозные цены, приведенные к уровню цен фиксированного момента времени путем деления на базисный общий индекс инфляции. Соотношение между этими ценами описывается по формулами:

$$K^C(m) = K(m) \cdot GJm \cdot GN_m^a, \quad (1.54)$$

$$\hat{K}(m) = \frac{K^C(m)}{GJm}, \quad (1.55)$$

где $K(m)$ – величина капиталовложений в актив данного вида в текущих ценах на шаге, m ;

$K^C(m)$ – то же, но в прогнозных ценах;

$\hat{K}(m)$ – то же, но в дефлированных ценах;

GJm – базисный индекс инфляции от начальной точки до конца шага, m ;

GN_m^a – коэффициент неоднородности для постоянных активов от

начальной точки до конца шага, m .

Базисный общий индекс инфляции отражает отношение среднего уровня цен в конце m -го шага к среднему уровню цен в начальный момент времени.

Основными показателями экономической эффективности освоения резервных месторождений в базовом варианте являются [12, 63]:

- 1) Чистый дисконтированный доход (ЧДД, NPI);
- 2) Индекс доходности (ИД, PJ);
- 3) Срок окупаемости капитальных вложений (To , PP);
- 4) Внутренняя норма доходности (ВНД, JRR).

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) представляет собой превышение интегральных денежных результатов над соответствующими интегральными затратами или сумму всех доходов от эксплуатации месторождения за весь расчетный период

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{Ц_t - З_t - K_t}{(1+E)^t}, \quad (1.56)$$

где $Ц_t$ – стоимость реализованной продукции (выручка предприятия) в t -ом году;

$З_t$ – эксплуатационные затраты, производимые в t -ом году (без учета амортизационных отчислений);

K_t – капитальные вложения (инвестиции) в t -ом году;

T – количество лет от начала строительства до ликвидации предприятия.

На начальных стадиях изучения месторождения невозможно определить величину выручки, эксплуатационных затрат и инвестиций по отдельным годам. Поэтому при укрупненных расчетах их значения принимаются постоянными за весь период строительства предприятия и разработки месторождения. Средняя величина годового дохода (D_r) от эксплуатации месторождения в этом случае рассчитывается по формуле

$$D_r = C_r - Z_r, \quad (1.57)$$

где C_r – среднегодовая стоимость продукции (выручка за год);

Z_r – годовые эксплуатационные затраты.

Среднегодовой доход (D_r) с амортизационными отчислениями (A_0) составит

$$D'_r = D_r + A_0. \quad (1.58)$$

В этом случае чистый дисконтированный доход (ЧДД) рассчитывается по формуле

$$\text{ЧДД} = D'_r \frac{(1+E)^{T_3} - 1}{(1+E)^{T_3} \cdot E \cdot (1+E)^{T_c}} - K_r \cdot \frac{(1+E)^{T_c} - 1}{(1+E)^{T_c} \cdot E}, \quad (1.59)$$

или упрощенно:

$$\text{ЧДД} = D'_r \cdot K_{A1} \cdot K_d - K_r \cdot K_{A2}, \quad (1.60)$$

где T_3 – срок эксплуатации месторождения;

T_c – срок строительства предприятия;

K_r – среднегодовая величина капитальных вложений;

K_d – коэффициент дисконтирования;

K_{A1}, K_{A2} – коэффициенты аннуитета.

Коэффициенты дисконтирования и аннуитета определяются по табл. 28, 29 в зависимости от нормы дисконта, срока строительства и срока эксплуатации.

Освоение месторождения считается экономически эффективным при положительном значении величины чистого дисконтированного дохода. При отрицательном значении ЧДД рассматриваемый вариант инвестиционного проекта должен быть признан убыточным.

Индекс доходности (ИД) представляет собой отношение суммы приведенных доходов к величине приведенных инвестиций

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=0}^T \left(\frac{Ц_t - 3_t}{(1+E)^t} \right)}{\sum_{t=0}^T \left(\frac{K_t}{(1+E)^t} \right)}. \quad (1.61)$$

На начальных этапах изучения месторождения:

$$\text{ИД} = \frac{\left(D_r \cdot \frac{(1+E)^{T_c} - 1}{(1+E)^{T_c} \cdot E \cdot (1+E)^{T_c}} \right)}{\left(K_r \cdot \frac{(1+E)^{T_c} - 1}{(1+E)^{T_c} \cdot E} \right)} \quad (1.62)$$

или

$$\text{ИД} = \frac{(D_r \cdot K_{A1} \cdot K_D)}{(K_r \cdot K_{A2})}. \quad (1.63)$$

В экономически эффективных проектах величина индекса доходности должна быть больше единицы.

Срок окупаемости капитальных вложений (T_0) определяет временной интервал с момента начала разработки месторождения, за который приведенные доходы равны приведенным инвестициям

$$\sum_{t=0}^T \left(\frac{Ц_t - 3_t}{(1+E)^t} \right) = \sum_{t=0}^T \left(\frac{K_t}{(1+E)^t} \right). \quad (1.64)$$

На начальных стадиях изучения месторождения T_0 рассчитывается по формуле

$$T_0 = - \frac{\log \left\{ 1 - \frac{K_r}{D_r} [(1+E)^{T_c} - 1] \right\}}{\log(1+E)}. \quad (1.65)$$

Логарифмирование проводится по любому основанию. Поэтому можно применять как десятичные, так и натуральные логарифмы.

Приемлемым считается срок окупаемости инвестиций, равный 5-7 годам. Предельное значение T_0 составляет 10 лет.

Года	Ставка дисконта, %							
	5	10	15	20	25	30	35	40
1	0,952	0,909	0,870	0,833	0,800	0,769	0,741	0,714
2	0,907	0,826	0,756	0,694	0,640	0,592	0,549	0,510
3	0,864	0,751	0,658	0,579	0,512	0,455	0,406	0,364
4	0,823	0,683	0,572	0,482	0,410	0,350	0,301	0,260
5	0,784	0,621	0,497	0,335	0,262	0,207	0,165	0,133
6	0,746	0,564	0,432	0,335	0,262	0,207	0,165	0,133
7	0,711	0,513	0,376	0,279	0,210	0,159	0,122	0,095
8	0,677	0,467	0,327	0,223	0,168	0,123	0,091	0,068
9	0,645	0,424	0,284	0,194	0,134	0,094	0,067	0,048
10	0,614	0,386	0,247	0,162	0,107	0,073	0,050	0,035
11	0,585	0,351	0,215	0,135	0,086	0,056	0,037	0,025
12	0,557	0,319	0,187	0,112	0,069	0,043	0,027	0,018
13	0,530	0,290	0,163	0,094	0,055	0,033	0,020	0,013
14	0,505	0,263	0,141	0,078	0,044	0,025	0,015	0,009
15	0,481	0,239	0,123	0,065	0,035	0,020	0,011	0,006
16	0,458	0,218	0,107	0,054	0,028	0,015	0,008	0,005
17	0,436	0,198	0,093	0,045	0,023	0,012	0,006	0,003
18	0,416	0,180	0,081	0,038	0,018	0,009	0,005	0,002
19	0,396	0,164	0,070	0,031	0,014	0,007	0,003	0,002
20	0,377	0,149	0,061	0,026	0,012	0,005	0,003	0,001
21	0,359	0,135	0,053	0,022	0,009	0,004	0,002	0,001
22	0,342	0,123	0,046	0,018	0,007	0,003	0,001	0,001
23	0,326	0,112	0,040	0,015	0,006	0,002	0,001	
24	0,310	0,102	0,035	0,013	0,005	0,002	0,001	
25	0,295	0,092	0,030	0,011	0,004	0,001	0,001	
26	0,281	0,084	0,026	0,009	0,003	0,001		
27	0,268	0,076	0,023	0,007	0,002	0,001		
28	0,255	0,069	0,020	0,006	0,002	0,001		
29	0,243	0,063	0,017	0,005	0,002	0,001		
30	0,231	0,057	0,015	0,004	0,001			
31	0,220	0,052	0,013	0,004	0,001			
32	0,210	0,047	0,011	0,003	0,001			
33	0,200	0,043	0,010	0,002	0,001			
34	0,190	0,039	0,009	0,002	0,001			
35	0,181	0,036	0,008	0,002				
36	0,173	0,032	0,007	0,001				
37	0,164	0,029	0,006	0,001				
38	0,157	0,027	0,005	0,001				
39	0,149	0,024	0,004	0,001				
40	0,142	0,022	0,004	0,001				

Коэффициенты аннуитета[44]

Таблица 29

Года	Ставка дисконта, %							
	5	10	15	20	25	30	35	40
1	0,95	0,91	0,87	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71
2	1,86	1,74	1,63	1,53	1,44	1,36	1,29	1,22
3	2,72	2,49	2,28	2,11	1,95	1,82	1,70	1,59
4	3,55	3,17	2,86	2,59	2,36	2,17	2,00	1,85
5	4,33	3,79	3,35	2,99	2,69	2,44	2,22	2,04
6	5,08	4,36	3,78	3,33	2,95	2,64	2,39	2,17
7	5,79	4,87	4,16	3,60	3,16	2,80	2,51	2,26
8	6,46	5,33	4,49	3,84	3,33	2,92	2,60	2,33
9	7,11	5,76	4,77	4,03	3,46	3,02	2,67	2,38
10	7,72	6,14	5,02	4,19	3,57	3,09	2,72	2,41
11	8,31	6,50	5,23	4,33	3,66	3,15	2,75	2,44
12	8,86	6,81	5,42	4,40	3,73	3,19	2,78	2,46
13	9,39	7,10	5,58	4,53	3,78	3,22	2,80	2,47
14	9,90	7,37	5,72	4,61	3,82	3,25	2,81	2,48
15	10,38	7,61	5,85	4,68	3,86	3,27	2,83	2,48
16	10,84	7,82	5,95	4,73	3,89	3,28	2,83	2,49
17	11,27	8,02	6,05	4,77	3,91	3,29	2,84	2,49
18	11,69	8,20	6,13	4,81	3,93	3,30	2,84	2,49
19	12,09	8,36	6,20	4,84	3,94	3,31	2,85	2,50
20	12,46	8,51	6,26	4,87	3,95	3,32	2,85	2,50
21	12,82	8,65	6,31	4,89	3,96	3,32	2,85	2,50
22	13,16	8,77	6,36	4,91	3,97	3,32	2,85	2,50
23	13,49	8,88	6,40	4,92	3,98	3,33	2,85	2,50
24	13,80	8,98	6,43	4,94	3,98	3,33	2,86	2,50
25	14,09	9,08	6,46	4,95	3,98	3,33	2,86	2,50
26	14,38	9,16	6,49	4,96	3,99	3,33	2,86	2,50
27	14,64	9,24	6,51	4,96	3,99	3,33	2,86	2,50
28	14,90	9,31	6,53	4,97	3,99	3,33	2,86	2,50
29	15,14	9,37	6,55	4,97	3,99	3,33	2,86	2,50
30	15,37	9,43	6,57	4,98	4,00	3,33	2,86	2,50
31	15,59	9,48	6,58	4,98	4,00	3,33	2,86	2,50
32	15,80	9,53	6,59	4,99	4,00	3,33	2,86	2,50
33	16,00	9,57	6,60	4,99	4,00	3,33	2,86	2,50
34	16,19	9,61	6,61	4,99	4,00	3,33	2,86	2,50
35	16,37	9,64	6,62	4,99	4,00	3,33	2,86	2,50
36	16,55	9,68	6,62	4,99	4,00	3,33	2,86	2,50
37	16,71	9,71	6,63	4,99	4,00	3,33	2,86	2,50
38	16,87	9,73	6,63	5,00	4,00	3,33	2,86	2,50
39	17,02	9,76	6,64	5,00	4,00	3,33	2,86	2,50
40	17,16	9,78	6,64	5,00	4,00	3,33	2,86	2,50

Внутренняя норма доходности (ВНД) означает норму дисконта ($E_{ВН}$), при которой величина приведенных доходов равна приведенным инвестициям, а чистый дисконтированный доход становится равным нулю

$$\sum_{t=0}^T \left(\frac{Ц_t - Z_t}{(1 + E_{ВН})^t} \right) = \sum_{t=0}^T \left(\frac{K_t}{(1 + E_{ВН})^t} \right) \quad (1.66)$$

или на начальных стадиях изучения месторождения

$$D_{Г} \frac{(1 + E_{ВН})^{T_3} - 1}{(1 + E_{ВН})^{T_3} \cdot E \cdot (1 + E)^{T_c}} = K_{Г} \frac{(1 + E_{ВН})^{T_c} - 1}{(1 + E_{ВН})^{T_c} \cdot E} \quad (1.67)$$

Вычисление ВНД осуществляют на компьютерах со специальной программой или на специальном финансовом калькуляторе. В обычных условиях расчет ВНД осуществляется методом итераций с помощью серии последовательных попыток, в которых ВНД вычисляется при разных ставках дисконта (E). Например, если в результате получили при E_1 положительный экономический эффект ($ЧДД_1$), а при E_2 – отрицательный эффект ($ЧДД_2$), то это означает, что ВНД находится между E_1 и E_2 . В этом случае ВНД рассчитывается по формуле

$$ВНД = E_1 + \frac{ЧДД_1 \cdot (E_2 - E_1)}{(ЧДД_1 - ЧДД_2)} \quad (1.68)$$

Приближенно ВНД может быть определена по графику изменения величины изменения чистого дисконтированного дохода для нескольких значений (не менее 3) ставки дисконта (рис. 4).

Освоение месторождения считается эффективным и приемлемым, если $ВНД > E$, где E - принятая в расчете норма дисконтирования прибыли.

Показатели экономической эффективности освоения резервных месторождений в коммерческом варианте остаются теми же, что и в базовом варианте. Изменения касаются учета существующих налогов, платежей и отчислений, входящих в себестоимость и относимых на финансовый результат. В их состав входят [42, 49]:

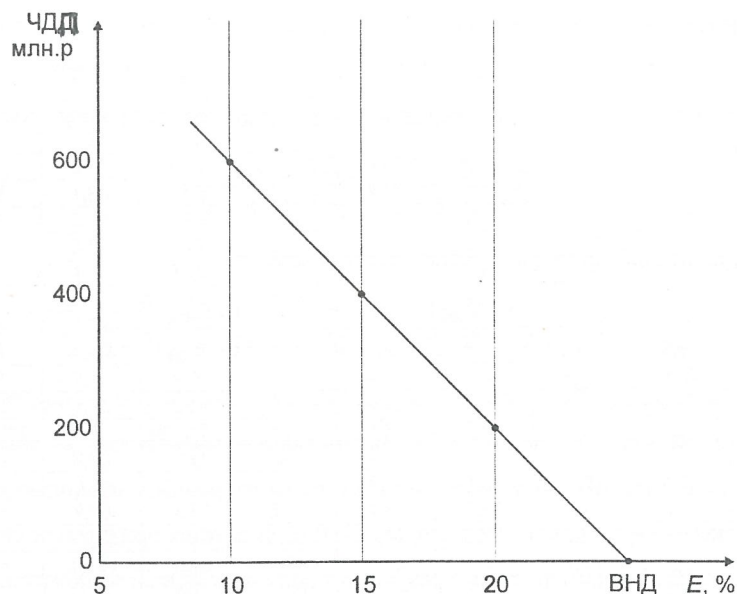


Рис. 4. График зависимости чистого дисконтированного дохода от нормы дисконта для определения ВНД

1) Плата за пользование недрами. Она включает разовые и регулярные платежи. Минимальные (стартовые) разовые платежи за пользование недрами устанавливаются в размере не менее 10 % от величины сумм налога на добычу полезных ископаемых в расчете на среднегодовую проектную мощность добывающей организации. Уплата разовых платежей производится в порядке, установленном в лицензии на пользование недрами.

Регулярные платежи за пользование недрами взимаются за предоставление пользователям недр исключительных прав на поиски, оценку и разведку месторождений полезных ископаемых. Размеры регулярных платежей за пользование недрами определяются в зависимости от экономико-географических условий, размера участка недр, вида полезного

ископаемого, продолжительности работ, степени геологической изученности и степени риска.

Регулярный платеж за пользование недрами взимается за площадь лицензионного участка, предоставленного недропользователю, за вычетом возвращенной части лицензионного участка. Ставка регулярного платежа за пользование недрами устанавливается за один квадратный километр площади участка недр. Размеры ставок регулярных платежей за пользование недрами приведены в табл. 30 [42].

Таблица 30

Минимальные и максимальные ставки регулярных платежей за пользование недрами

Виды полезных ископаемых	Ставка (рублей за 1 кв.км участка недр)	
	минимальная	максимальная
1. Ставки регулярных платежей за пользование недрами в целях поиска и оценки месторождений полезных ископаемых		
Углеводородное сырье	120	360
Углеводородное сырье на континентальном шельфе РФ и в исключительной экономической зоне РФ, а также за пределами РФ на территориях, находящихся под юрисдикцией РФ	50	150
Драгоценные металлы	90	270
Металлические полезные ископаемые	50	150
Россыпные месторождения полезных ископаемых всех видов	45	135
Неметаллические полезные ископаемые, уголь, горючие сланцы и торф	27	90
Прочие твердые полезные ископаемые	20	50
Подземные воды	30	90
2. Ставки регулярных платежей за пользование недрами в целях разведки полезных ископаемых		
Углеводородное сырье	5000	20000
Углеводородное сырье на континентальном шельфе РФ и в исключительной экономической зоне РФ, а также за пределами РФ на территориях, находящихся под юрисдикцией РФ	4000	16000
Драгоценные металлы	3000	18000
Металлические полезные ископаемые	1900	10500
Россыпные месторождения полезных ископаемых всех видов	1500	12000
Неметаллические полезные ископаемые, уголь, горючие сланцы и торф	1500	7500
Прочие твердые полезные ископаемые	1000	10000
Подземные воды	800	1650

Ставки налога на добычу полезных ископаемых

Виды добытых полезных ископаемых	Ставка, %
Калийные соли	3,8
Торф	4,0
Руды черных металлов	4,8
Апатит-нефелиновое и фосфоритовое сырье	4,0
Горно-химическое неметаллическое сырье	5,5
Соль природная и чистый хлористый натрий	5,5
Радиоактивные металлы	5,5
Уголь каменный, бурый и горючие сланцы	4,0
Теплоэнергетические и промышленные воды	5,5
Неметаллическое сырье для строительной индустрии	5,5
Горнорудное неметаллическое сырье	6,0
Битуминозные породы	6,0
Подземные минеральные воды	7,5
Кондиционный продукт пьезооптического сырья, особо чистого кварцевого сырья и камнесамоцветного сырья	6,5
Редкие металлы	8,0
Драгоценные металлы, за исключением золота	6,5
Золото	6,0
Природные алмазы, другие драгоценные и полудрагоценные камни	8,0
Цветные металлы	8,0
Газ горючий природный	16,5
Нефть, газовый конденсат	16,5
Многокомпонентная комплексная товарная руда, за исключением драгоценных металлов	8,0
Другие полезные ископаемые, не включенные в иные группировки	6,0

Регулярные платежи не взимаются с недропользователей, осуществляющих:

- пользование недрами для регионального геологического изучения;
- пользование недрами для образования особо охраняемых геологических объектов, имеющих научное, культурное, эстетическое, санитарно-оздоровительное и иное значение;
- пользование недрами для сбора минералогических, палеонтологических и других геологических коллекционных материалов;
- разведку полезных ископаемых на месторождениях, введенных в промышленную эксплуатацию, в границах горного отвода, предоставленного пользователю недр для добычи этих полезных ископаемых.

2) Налог на добычу полезных ископаемых. Ставка платежа составляет 3,8 – 16,5 % годовой стоимости добытого сырья с учетом потерь в зависимости от вида полезного ископаемого (табл. 31).

Налогоплательщики, осуществившие за счет собственных средств поиски и разведку разрабатываемых месторождений полезных ископаемых, или полностью возместившие все расходы на поиски и разведку соответствующего количества запасов этих полезных ископаемых, уплачивают налог в отношении полезных ископаемых, добытых на соответственном лицензионном участке, с коэффициентом 0,7. При выполнении соглашений о разделе продукции, заключенных в соответствии с законодательством Российской Федерации, налоговые ставки на добычу полезных ископаемых применяются с коэффициентом 0,5. Не облагаются налогом полезные ископаемые, остающиеся во вскрышных, вмещающих (разубоживающих) породах, в отвалах или в отходах перерабатывающих производств [49].

3) Единый социальный налог – 35,6 % расходов на оплату труда, взносы на страхование от несчастных случаев и профзаболеваний – 0,2 – 8,5 % расходов на оплату труда; страховые взносы на обязательное пенсионное страхование – 14 % расходов на оплату труда;

4) Плата за воду, землю, загрязнение окружающей среды, дорожный налог;

5) Налог на прибыль в размере 24 %;

6) Налог на имущество предприятий в размере 2 % его среднегодовой стоимости;

7) Целевой сбор на содержание милиции;

8) Целевой сбор на благоустройство территории.

На финансовый результат горного предприятия относят налог на прибыль, налог на имущество предприятия, целевые сборы на содержание милиции, благоустройство территории; остальные налоги и платежи включаются в себестоимость товарной продукции.

Кроме налогов и платежей, учитываемых в себестоимости товарной продукции, выплачиваемых из прибыли, горные предприятия также облагаются косвенными налогами, вычисляемыми сверх цены предприятия – налогом на добавленную стоимость (НДС), создаваемую в процессе производства товарной продукции и таможенными пошлинами, взимаемыми с товарной продукции, вывозимой за пределы Российской Федерации.

Важными показателями при проведении оценочных расчетов являются также критический объем производства товарной продукции ($Q_{кт}$) или добычи минерального сырья ($Q_{кс}$), обеспечивающие безубыточную деятельность предприятия [77]. Для определения критического объема (точки безубыточности), при котором выручка от реализации товарной продукции покрывается расходами на ее создание без получения прибыли, применяется формула

$$Q_{кт} = \frac{3_c}{Ц - 3_v}, \quad (1.69)$$

где $Q_{кт}$ – критический объем реализации товарной продукции, т/год;

3_c – постоянные затраты на весь объем, р;

3_v – переменные затраты на единицу реализации, р/т;

$Ц$ – цена единицы товарной продукции, р/т

Критический объем добычи минерального сырья ($Q_{кс}$) при выпуске одного вида товарной продукции определится из выражения

$$Q_{кс} = \frac{Q_{кт}}{j}, \quad (1.70)$$

где j – выход товарной продукции с 1 т сырья, доли ед.

Уменьшение постоянных (или переменных) расходов ведет к снижению точки безубыточности и улучшению финансового состояния горного предприятия. Еще большее влияние на изменение критического объема добычи сырья ($\Delta Q_{кс}$) оказывает цена товарного продукта:

$$\Delta Q_{кс} = \frac{3_c (Ц_{сф} - Ц_{сп})}{(Ц_{сф} - 3_v)(Ц_{сп} - 3_v)}, \quad (1.71)$$

где $Ц_{сп}$, $С_{сф}$ – соответственно прогнозная и фактическая цены товарного продукта, р/т.

Методика геолого-экономической оценки эксплуатируемых месторождений [40] предусматривает подразделение общих капитальных вложений в освоение месторождения (K_0) на оставшиеся не амортизированные ($K_ф$) и на предстоящие инвестиции ($K_п$), необходимые для полной отработки промышленных запасов месторождения. $K_ф$ представляют стоимость основных фондов горнодобывающего предприятия на момент оценки месторождения.

Показатели экономической эффективности разработки эксплуатируемых месторождений при укрупненных расчетах определяются по формулам:

– чистая дисконтированная прибыль (ЧДП):

$$ЧДП = \frac{(\Pi'_ч - K_r) \cdot [(1 + E)^{T_3} - 1]}{(1 + E)^{T_3} \cdot E} - K_ф, \quad (1.72)$$

где $\Pi'_ч$ – чистая годовая прибыль с амортизационными отчислениями;

K_r – среднегодовые капитальные вложения в эксплуатацию месторождения;

T_3 – срок эксплуатации месторождения.

– индекс прибыльности (ИП)

$$\text{ИП} = \frac{\left(\Pi'_ч \cdot \frac{(1+E)^{T_0} - 1}{(1+E)^{T_0} \cdot E} \right)}{\left(K_\Phi + K_r \cdot \frac{(1+E)^{T_0} - 1}{(1+E)^{T_0} \cdot E} \right)}, \quad (1.73)$$

– срок окупаемости капитальных вложений (T_0):

$$T_0 = \frac{\log \left(\frac{\Pi'_ч - K_r}{\Pi'_ч - K_r - E \cdot K_\Phi} \right)}{\log(1+E)}. \quad (1.74)$$

Внутренняя норма прибыли – $\text{ВНП} = E_{\text{вн}}$ устанавливается по графику изменения величины чистой дисконтированной прибыли (ЧДП) для нескольких значений ставки дисконтирования (E).

Экономическая эффективность освоения резервных и эксплуатируемых месторождений оценивается на основе рассмотренных показателей с учетом социальных и экологических факторов. Каждый из показателей должен быть не меньше определенной величины. Освоение месторождения будет эффективным, если $\text{ЧДП} > 0$, $\text{ИП} > 1$, $T_0 < 10$ лет, $\text{ВНП} > E$.

Расчет технико-экономических показателей оценки месторождений (ЧДП, ИП, T_0 , ВНП) производится по нескольким вариантам (не менее 3) при различных значениях переменных параметров (бортового содержания, среднего содержания полезного компонента, величины запасов, цены на готовую продукцию и т. п.) с обоснованием оптимального варианта освоения месторождения. В качестве оптимального принимается вариант, обеспечивающий максимальный суммарный экономический эффект от инвестиций за весь период разработки месторождения, выраженный в величине суммарного денежного потока от реализации товарной продукции с учетом использования как основных, так и попутных полезных ископаемых и компонентов [44].

Приведенные показатели экономической эффективности освоения резервных и эксплуатируемых месторождений рассчитывались в условиях стандартного налогообложения. Альтернативным вариантом является оценка эффективности освоения месторождений на основе соглашения о разделе продукции (СРП) между инвестором и государством. Закон о СРП представляет субъекту предпринимательской деятельности на возмездной основе и на определенный срок исключительные права на поиски, разведку, добычу минерального сырья на участке недр, указанном в соглашении.

Привлечение инвесторов к использованию месторождений на условиях соглашения о разделе продукции осуществляется в тех случаях, когда государство, в силу объективных экономических причин, не имеет возможности самостоятельно разработать участки недр, освоение которых может принести прибыль государству.

Перечень участков недр, право пользования которыми может быть предоставлено на условиях раздела продукции, приведен в федеральных законах. Согласно закону о СРП, такого рода перечни устанавливаются также на основании решений правительства РФ и администрации соответствующего субъекта федерации без утверждения федеральными законами. В эти перечни входят участки недр, которые включают следующие месторождения полезных ископаемых: нефти, извлекаемые запасы которых составляют до 25 миллионов тонн; газа, с запасами до 250 миллиардов кубических метров; коренного золота с запасами до 50 тонн; россыпного золота с запасами до 1 тонны; иных полезных ископаемых, не относящихся к стратегическим видам и не являющихся валютными ценностями. Соглашением о разделе продукции устанавливается система платежей, включающая несколько составляющих: долю в прибыльной продукции, роялти, бонусы и рента [23]. В соглашении определяются пропорции, по которым прибыль от разработки месторождения делится между государством

и инвестором. Они должны обеспечить выгодность реализуемого проекта как для государства, так и для инвестора. Основными критериями при расчете пропорций являются расположение месторождения, себестоимость проводимых инвестором работ, размеры роялти, бонусов, иных платежей, осуществляемых инвестором государству. Роялти представляют собой регулярные платежи за добычу полезных ископаемых, установленные в процентном отношении от объема добычи минерального сырья. Бонусы включают разовые платежи, уплачиваемые при заключении СРП. Ренталс взимаются в форме ежегодных платежей за проведение поисковых и разведочных работ. Их размер зависит от географо-экономических условий, размера использованного участка недр, вида полезного ископаемого, продолжительности работ.

В течение всего срока действия СРП инвестор осуществляет выплату налога на добычу полезных ископаемых (с коэффициентом 0,5), налога на прибыль, производит обязательные платежи - по социальному и медицинскому страхованию своих работников - граждан РФ, а также платежи в Государственный фонд занятости населения РФ и в пенсионный фонд РФ и освобождается от взимания других налогов, сборов, акцизов, предусмотренных законодательством РФ, которое заменяется разделом продукции на условиях соглашения между инвестором и государством [33].

Снижение налогового бремени при реализации горных проектов на основе СРП позволяет инвесторам уменьшить сроки окупаемости капиталовложений и получения чистой прибыли, что приводит к улучшению экономических условий разработки месторождений.

Инвестиционные проекты, составленные на условиях СРП, применяются в России при разработке нефтяных и газовых месторождений [25, 72]. В настоящее время действуют четыре СРП по месторождениям углеводородов: Сахалин-1, Сахалин-2, Харьгинское, Самотлорское.

Наиболее крупными нефтегазовыми проектами СРП являются Самотлорский, Красноленинский, Федоровский, Приобский - в Западной Сибири, Ромашкинский - в Урало-Поволжье, Усинский - в Тимано-Печорской провинции, Юрубченский - в Восточной Сибири, Сахалин-1 и Сахалин-2 на шельфе острова Сахалин.

По рудным месторождениям в перечень для разработки на условиях СРП согласно федеральным законам включены Яковлевское железорудное месторождение в Белгородской области, Куранахская группа месторождений золота в республике Саха (Якутия), Тасеевское золоторудное месторождение в Читинской области.

Перспективными для освоения на основе СРП в Российской Федерации являются месторождение золота Сухой Лог, Удоканское месторождение меди, свинцово-цинковое месторождение Сардана, Бугдаинское золото-молибденовое месторождение, Правоурмийское месторождение олова, Порожинское месторождение марганца, Вежаю-Ворыквинское месторождение бокситов, Эльгинское месторождение коксующихся углей [38].

Экономическая оценка месторождений предполагает наряду с расчетом основных показателей эффективности (ЧДД, ИД, T_0 , ВНД) определение степени риска (устойчивости) инвестиционных горных проектов.

Риск инвестиций означает вероятность невозвращения инвестиционных средств при осуществлении проекта. Альтернативной вероятностью того, что данный проект обеспечит возврат сделанных инвестиций, является устойчивость проекта. Отклонение реальных чистых денежных потоков от рассчитанных в проекте может быть обусловлено рядом факторов риска, среди которых могут быть выделены внутренние, в определенной степени поддающиеся контролю, и внешние, на которые инвестор не может повлиять [12].

К внутренним факторам риска в горной промышленности относятся точность и достоверность оценок запасов и средних содержаний компонентов в недрах и добытом сырье, правильность оценок условий добычи и переработки минерального сырья, достоверность определения расчетных экономических показателей.

Внешние факторы риска включают политические (внутриполитическая и внешнеполитическая напряженность), финансово-экономические (экономический спад, высокий уровень инфляции, рост цен на энергоресурсы, увеличение транспортных тарифов и др), законодательные (ужесточение налогового законодательства, повышение акцизных и таможенных сборов и т. д.) условия, а также чрезвычайные ситуации (стихийные бедствия и т. п.), неблагоприятные для реализации инвестиционных проектов.

Критериями риска проекта являются оценки вероятности событий:

$$\text{ЧДД} > 0, \text{ИД} > 1 \text{ и } \text{ВНД} > E$$

Для оценки степени риска или устойчивости проекта определяют величины ЧДД, ИД, ВНД для трех вариантов (оптимального, оптимистического и пессимистического) значений переменных параметров (величины запасов, среднего содержания полезного компонента в руде, величины капиталовложений и эксплуатационных затрат, цены на готовую продукцию). Для каждого показателя эффективности (ЧДД, ИД, ВНД) по трем его значениям рассчитывается математическое ожидание (\bar{X}) и среднеквадратичное отклонение (σ), а также величины $(\bar{X} + \sigma)$ и $(\bar{X} - \sigma)$. По этим значениям на вероятностном трафарете строится график зависимости $\bar{X} - F(\bar{X})$, с помощью которого оценивают вероятности $P_1(\bar{X} < 0)$ и $P_2(\bar{X} > 0)$, соответственно характеризующие степень риска и устойчивости проекта.

По уровню риска инвестиций в добычу полезных ископаемых выделяют [61] четыре области риска (минимального, среднего, повышенного, особого) и соответствующие им премии (надбавки) за риск (табл. 32).

Таблица 32

Области риска и премии за риск

Категории риска	Уровень риска, %	Премии за риск, % к безрисковой ставке
Область минимального риска	10-25	25
Область среднего риска	25-50	50
Область повышенного риска	50-60	150
Область особого риска	60-75	250

Дифференциация предприятий-недропользователей по областям риска проводится по следующим критериям:

- 1) Морфология тел полезных ископаемых (штоки, штокверки, гнезда, пласты, жилы, линзы, трубообразные тела, минерализованные зоны сложного строения);
- 2) Виды полезных ископаемых, определяющие их ценность (нефть, газ, конденсат; алмазы и камнесамоцветное сырье; благородные, редкие и цветные металлы; железные и хромитовые руды; радиоактивное сырье; уголь, апатиты, фосфориты, калийные соли);
- 3) Способ добычи (открытый, подземный, скважинный);
- 4) Географо-экономические условия разработки месторождений (расположенных в освоенных районах с развитой инфраструктурой, в удаленных, северных и приравненных к ним районах, в высокогорных районах).

На основании экспертных оценок горных предприятий России по двум критериям (вид полезных ископаемых и способ их добычи) в область минимального риска отнесены [61] нефтегазодобывающие компании и предприятия, разрабатывающие уникальные месторождения ("Норильский никель", "Алмазы России Саха"); в область среднего риска – предприятия,

осуществляющие добычу сырья открытым способом (кроме угольных) и предприятия по добыче благородных, цветных металлов и драгоценных камней подземным способом; в область повышенного риска – угледобывающие разрезы и предприятия по добыче полезных ископаемых подземным способом (кроме цветных, благородных металлов и драгоценных камней); в область особого риска – предприятия по добыче угля подземным способом.

1.6. Оценка экологических условий освоения месторождений

Экологические изменения окружающей природной среды происходят на всех стадиях освоения месторождений полезных ископаемых: поисках, разведке и разработке минерального сырья, его обогащении, переработке и металлургическом переделе. Их оценка включает определение возможных экологических последствий, производимых нарушением целостности недр, земельных, водных, лесных и биологических ресурсов, состояния атмосферного воздуха при проведении геологоразведочных и эксплуатационных работ, разработку и осуществление природоохранных и природовосстановительных мероприятий.

Недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения [33]. Освоение недр сопровождается извлечением из них огромных количеств полезных ископаемых – руд черных, цветных, благородных, радиоактивных, редкоземельных металлов, топливно-энергетического сырья (нефть, газ, уголь, горючие сланцы, торф), нерудного металлургического и горнохимического сырья, технического и камнесамоцветного сырья, строительных материалов. Крупномасштабное

применение в производстве минеральных ресурсов ведет к постепенному истощению их запасов.

Основными направлениями рационального использования недр являются снижение потерь и разубоживания полезных ископаемых при их добыче, комплексное использование минерального сырья, включающее наиболее полное извлечение основных и попутных полезных ископаемых и компонентов. Экономия первичных минеральных ресурсов предусматривает вовлечение в производственный процесс вторичных ресурсов за счет переработки техногенного сырья (отвалов забалансовых руд, вскрышных и вмещающих пород, отходов обогащительного и перерабатывающего производств). Важным направлением рационального недропользования является также более широкое использование нетрадиционных видов минеральных ресурсов [51]: тяжелой нефти и битумов, небокситового алюминиевого сырья, некимберлитовых алмазоносных пород, сынныритов, цеолитов, глауконитов, сапропелей, геотермальных ресурсов.

Эксплуатация месторождений приводит к значительному нарушению земной поверхности в пределах горных отвалов. Особенно это проявляется при открытом способе разработки, на долю которого приходится около 80 % общего объема добываемых твердых полезных ископаемых.

Характер нарушений земной поверхности при открытой разработке месторождений зависит от условий залегания полезных ископаемых. При разработке горизонтальных и пологих залежей с внутренним отвалообразованием основную долю нарушаемых площадей составляют земли, занимаемые горными выработками, а при разработке наклонных и крутопадающих залежей – земли, занятые под внешними отвалами, хвосто- и шламохранилищами. Удельный вес нарушаемых земель в пределах земельного отвода горного предприятия составляет 60-95 %.

Площади отчуждаемых при разработке месторождений земель могут достичь значительных размеров. Так, по данным [48] при добыче 1 млн. т железной руды приходит в негодность от 14 до 600 га земель, марганцевой руды – от 76 до 600 га, известняка – от 60 до 120 га, фосфоритов – от 22 до 77 га.

По приближенным подсчетам общая площадь земель, нарушенных при добыче твердого минерального сырья в СССР, к 1990 г. превысила 3 млн. га, из них на Россию приходится около 67 % [69].

При производстве горных работ наряду с непосредственным нарушением земной поверхности происходит загрязнение прилегающей территории, почвенный слой подвергается физическому, механическому и химическому воздействию. Изменения режима почвенных и подземных вод, ландшафта и деформации поверхности приводят к физическому нарушению структуры почв, их осушению или заболачиванию и утрате плодородных свойств. Механическое нарушение почв возникает из-за их загрязнения пылью при выполнении основных технологических процессов при добыче и переработке полезных ископаемых. Химическое нарушение почв обусловлено их загрязнением технологическими отходами.

Почвенный слой чаще всего загрязняется тяжелыми металлами или нефтепродуктами. В этом случае для характеристики используется комплексный оценочный показатель химического загрязнения почв (Z_c), который рассчитывается по формуле [76]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{i(\phi)}}, \quad (1.75)$$

где C_i – концентрация i -го загрязняющего элемента в почвах;

$C_{i(\phi)}$ – фоновое (кларковое) содержание i -го загрязняющего элемента в почвах;

n – число определяемых элементов.

По величине этого показателя выделяют следующие обстановки состояния почв:

- 1) удовлетворительная ситуация ($Z_c < 16$);
- 2) риск для населения ($Z_c = 16-32$);
- 3) чрезвычайная экологическая ситуация (кризис) ($Z_c = 32-128$);
- 4) экологическое бедствие ($Z_c > 16$).

Рациональное использование земель при освоении месторождений включает проведение следующих мероприятий: сокращение площадей горного отвода, снятие и складирование плодородного слоя почвы перед разработкой месторождения; рекультивацию земель. Склады почвы должны располагаться на ровных возвышенностях и сухих участках. Для сохранения оптимальных физико-химических свойств почвы высота склада не должна превышать 5 м. Склады почвы целесообразно защищать от водной и ветровой эрозии путем посева на их поверхности однолетних и многолетних трав или задернения. Рекультивация земель представляет собой комплекс горнотехнических, мелиоративных, сельскохозяйственных и лесных работ, направленных на восстановление поверхности земли, нарушенной горными работами. Рекультивация выполняется в два этапа: горнотехнический и биологический [69]. Горнотехнический этап включает планировку поверхности отвалов и других участков, подлежащих рекультивации; снятие, транспортировку и нанесение почв и плодородных земель на рекультивируемые земли; планировку и формирование откосов; строительство дорог, гидротехнических, мелиоративных и противозерозионных сооружений. К биологическому этапу рекультивации относится комплекс агротехнических, мелиоративных и лесотехнических мероприятий, направленных на восстановление и улучшение структуры грунтов, повышение их плодородия, создание лесов и земляных насаждений.

Разработка месторождений полезных ископаемых сопровождается нарушением естественного режима подземных и поверхностных вод. Осуществляемый в карьерах и шахтах водоотлив для защиты горных выработок от обводнения приводит к изменению условий питания, движения и разгрузки подземных вод, снижению уровня грунтовых вод, формированию глубоких и достаточно больших по площади депрессионных воронок, нарушению режима малых рек, озер и их осушению. При производстве открытых горных работ с внешним отвалообразованием, наоборот, достаточно часто происходит подъем уровня грунтовых вод, что ведет к постепенному заболачиванию окружающей местности.

Производственная деятельность горнодобывающих предприятий и обогатительных фабрик связана со значительным водопотреблением. При добыче и переработке полезных ископаемых вода используется для обеспечения хозяйственно-бытовых, коммунальных и производственных потребностей, а также для противопожарной безопасности. Участвующая в технологических процессах вода после прохождения нескольких циклов оборотного или повторно-последовательного водоснабжения поступает в накопители промышленных стоков (хвостохранилища, шламоохранилища, рассолосборники, пруды-накопители), являющиеся наиболее экологически опасными объектами, на которые приходится до 70-80 % всего объема загрязнений, выделяемых из поверхностных источников загрязнения [69].

Для характеристики состояния водотоков используется индекс загрязнения водотока (ИЗВ), который определяется по формуле [76]

$$\text{ИЗВ} = (1/n) \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right), \quad (1.76)$$

где n – число контролируемых ингредиентов;

C_i – концентрация i -го соединения в воде;

ПДК_i – предельно-допустимая концентрация i -го соединения в водотоке.

По величине ИЗВ воды делятся по качеству на семь классов:

I – очень чистая (ИЗВ < 0,3); II – чистая (ИЗВ = 0,3-1,0); III – умеренно загрязненная (ИЗВ = 1,0-2,5); IV – загрязненная (ИЗВ = 2,5-4,0); V – грязная (ИЗВ = 4,0-6,0); VI – очень грязная (ИЗВ = 6,0-10,0); VII – чрезвычайно грязная (ИЗВ > 10,0).

Мероприятия по рациональному использованию водных ресурсов при освоении месторождений включают [12]:

1. Строительство головных и локальных очистных сооружений для сточных вод предприятий с системой их транспортировки.
2. Внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения.
3. Осуществление мероприятий для повторного использования сбросных и дренажных вод, улучшения их качества.
4. Строительство опытных установок и цехов, связанных с разработкой методов очистки сточных вод и переработкой жидких отходов.
5. Реконструкция или ликвидация накопителей отходов.
6. Создание и внедрение автоматической системы контроля за составом сточных вод и объемом их сброса.

При разработке, обогащении и переработке минерального сырья происходит загрязнение не только земельных и водных ресурсов, но и атмосферы. Источники, виды и интенсивность загрязнения атмосферного воздуха определяются способами разработки месторождений полезных ископаемых [48].

При подземном способе источниками загрязнения атмосферы являются: рудничный воздух с ухудшенным пылегазовым составом по сравнению с атмосферным воздухом, выбросы газа и пыли при процессах

ветровой и водной эрозии, окисления и самовозгорания полезных ископаемых в отвалах; при открытом способе – газопылевые выбросы при проведении буровзрывных и погрузочно-транспортных работ, пылевое загрязнение при ветровой и водной эрозии отвалов, уступов карьеров, газовое загрязнение при работе автотранспорта с двигателями внутреннего сгорания. Еще более интенсивному загрязнению атмосферный воздух подвергается на территории действующих обогатительных фабрик и цехов переработки добытых полезных ископаемых.

Для характеристики уровня загрязнения применяется индекс загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА), величина которого определяется по формуле [76]

$$J_S = \sum_{i=1}^n J_i, \quad J_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i}{\text{ПДК}_i} \right)^m, \quad (1.77)$$

где J_S – суммарный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА);

J_i – парциальный индекс загрязнения атмосферы;

q_i – средняя за год концентрация i -го вещества;

ПДК $_i$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества.

m – равно 0,85, 1,0, 1,3 и 1,5 соответственно для 4, 3, 2 и 1 классов опасности веществ.

По величине индекса загрязнения атмосферного воздуха выделяют:

- 1) незначительный уровень загрязнения атмосферы, не опасный для здоровья населения ($J_S < 5$);
- 2) уровень риска, при котором имеется отличная от нуля вероятность заболевания ($J_S = 5-8$);
- 3) кризисный уровень загрязнения атмосферы ($J_S = 8-15$);
- 4) катастрофический уровень загрязнения атмосферы ($J_S > 15$).

Для охраны воздушного бассейна от загрязнения предусматривается проведение следующих мероприятий [12]:

1. Установка газопылеулавливающих устройств, предназначенных для улавливания и обезвреживания вредных веществ из газов, отходящих от технологических агрегатов и из вентиляционного воздуха перед выбросом в атмосферу.
2. Строительство опытно-промышленных установок и цехов по разработке методов очистки отходящих газов от вредных выбросов в атмосферу.
3. Оснащение двигателей внутреннего сгорания нейтрализаторами для обезвреживания отработавших газов, создание и внедрение присадок к топливам, снижающих токсичность и дымность отработавших газов.
4. Создание автоматических систем контроля за загрязнением атмосферного воздуха, оснащение стационарных источников выброса вредных веществ в воздушный бассейн приборами контроля.
5. Установка устройств по дожигу и другим методам доочистки хвостовых газов перед непосредственным выбросом в атмосферу.
6. Оснащение установками для утилизации веществ из отходящих газов.
7. Приобретение, изготовление и замена топливной аппаратуры при переводе на сжигание других видов топлива или улучшение режимов сжигания топлива.

Рассмотренные мероприятия по охране недр, земельных, водных ресурсов, атмосферы несомненно снижают экологическую нагрузку горного производства на окружающую природную среду, но не ведут к кардинальному улучшению экологической обстановки в районах действующих горнодобывающих и перерабатывающих предприятий. Для достижения этого необходим решительный переход от традиционного

ресурсоемкого горного производства к экологически чистому безотходному производству, при котором все исходное сырье превращается в ту или иную продукцию [48, 76]. Создание замкнутого по потокам вещества и энергии безотходного производства является длительным и сложным процессом. Оно характеризуется комплексным использованием сырья и энергии в цикле "первичные сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы".

Организация малоотходного и безотходного производства обеспечивает значительную экономию материальных, природных, финансовых, энергетических и трудовых ресурсов за счет использования низкосортного сырья, некондиционных руд, забалансовых запасов, вторичного сырья и приводит к существенному уменьшению концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде до уровня, не превышающего значений, соответствующих принятым нормам предельно-допустимых концентраций.

Оценка экологических условий освоения месторождений полезных ископаемых завершается определением предотвращенного экологического ущерба [41], недопущенного в результате реализации предусмотренных в инвестиционном проекте мероприятий, по основным видам природных ресурсов (земельным, водным и биологическим ресурсам, атмосферному воздуху). Оценка предотвращенного экологического ущерба осуществляется на основе данных годовых отчетов территориальных природоохранных органов, нормативных стоимостных показателей материалов обследования эколого-ресурсных комплексов территорий [42].

Экологический ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных (техногенных) нагрузок выражается в следующем:

- деградации почв и земель;

- загрязнении земель химическими веществами;
- захлавлении земель несанкционированными свалками, другими видами несанкционированного и нерегламентированного размещения отходов;
- увеличении площадей, отводимых под места размещения отходов.

Оценка величины предотвращенного в результате природоохранной деятельности ущерба от деградации почв и земель производится по следующей формуле:

$$Y_{\text{п.р.д}}^n = Y_{\text{уд.р}}^n \cdot \sum_{j=1}^D S_j \cdot K_{n_j}, \quad (1.78)$$

где $Y_{\text{п.р.д}}^n$ – удельный экологический ущерб почве и земельным ресурсам, тыс. р;

S_j – площадь земель i -го типа, сохранных от деградации в результате природоохранной деятельности, га;

K_{n_j} – коэффициент природно-хозяйственной значимости почв и земель j -го типа;

j – тип земель ($j=1 \dots D$).

Оценка величины предотвращенного в результате природоохранной деятельности экологического ущерба от загрязнения земель химическими веществами проводится по следующей формуле:

$$Y_{\text{п.р.х}}^n = Y_{\text{уд.р}}^n \cdot \sum_{i=1}^D S_i \cdot K_i^0 \cdot K_{n_i}, \quad (1.79)$$

где $Y_{\text{п.р.х}}^n$ – предотвращенный экологический ущерб от загрязнения земель химическим веществом i -го класса опасности в течение отчетного периода времени, тыс. р;

S_j – площадь земель j -го типа, которую удалось предотвратить от загрязнения (либо ликвидировать загрязнение) химическим веществом i -го класса опасности в течении отчетного периода времени, га;

K_i^o – коэффициент, учитывающий класс опасности i -го химического вещества, недопущенного (предотвращенного) к попаданию на почву.

Оценка величины предотвращенного экономического ущерба в результате недопущения захламления земель несанкционированными свалками, ликвидации существующих несанкционированных свалок либо в результате уменьшения площадей объектов для размещения отходов производится по формуле

$$Y_{прс}^n = Y_{удr}^n \cdot \sum_{j=1}^D S_j \cdot K_{nj}, \quad (1.80)$$

где $Y_{прс}^n$ – предотвращенный экологический ущерб в результате недопущения (уменьшения) захламления земель в течение отчетного периода времени, тыс. р;

S_j – площадь земель, которые удалось предотвратить от захламления (ликвидировать обнаруженное захламление либо уменьшение площади объектов для размещения отходов) в течение отчетного периода времени, га; Общая величина предотвращенного экологического ущерба ($Y_{пр}^n$) почвам и земельным ресурсам по всем направлениям природоохранной деятельности в рассматриваемом регионе в течение отчетного периода времени определяется суммированием всех видов предотвращенных ущербов:

$$Y_{пр}^n = Y_{прд}^n + Y_{прх}^n + Y_{прс}^n + Y_{прj}^n, \quad (1.81)$$

где $Y_{прj}^n$ – любой другой i -ый вид предотвращенного экологического ущерба почвам и земельным ресурсам в рассматриваемом регионе за отчетный период времени, тыс. р (предотвращение сбросов загрязненных

сточных вод на рельеф местности, аварийных сбросов, разливов химических веществ, сбросов от животноводческих ферм и др.).

Оценка величины предотвращенного экологического ущерба окружающей природной среде в результате недопущения к размещению 1 тонны либо ликвидации размещенных ранее отходов j -го класса опасности в результате осуществления n -го направления природоохранной деятельности определяется по формулам [41]:

$$Y_{пр1}^o = Y_{удr}^o \cdot \sum_k^K \sum_j^B M_{ik}^o \cdot K_i^o; \quad (1.82)$$

$$Y_{пр2}^o = Y_{удr}^o \cdot \sum_i^I \Delta M_i \cdot K_i^o, \quad (1.83)$$

где $Y_{удr}^o$ – показатель удельного ущерба окружающей природной среде r -го региона в результате размещения 1 тонны отходов 4 класса опасности, р/тонну;

$Y_{пр1}^o$ – предотвращенный экологический ущерб в результате недопущения к размещению 1 тонны отходов j -го класса опасности от k -го объекта за счет их использования, обезвреживания либо передачи другим предприятиям (субъектам РФ, государствам) для последующего использования, обезвреживания, тыс. р;

M_{ik}^o – объем отходов j -го класса опасности от k -го объекта (предприятия, производства), не допущенных к размещению (использованных обезвреженных либо переданных другим предприятиям, субъектам РФ, государствам), т;

$Y_{пр2}^o$ – предотвращенный ущерб в результате ликвидации (либо сокращения количества) ранее размещенных отходов i -го класса опасности за счет их вовлечения в хозяйственный оборот, тыс. р;

ΔM_i^o – снижение объемов размещения отходов за счет вовлечения их в хозяйственный оборот в результате соответствующего направления природоохранной деятельности, т;

K_i^o – коэффициент, учитывающий класс опасности i -го химического вещества, недопущенного (предотвращенного) к попаданию на почву;

k – объект ($k=1\dots K$);

j – класс опасности ($j=1\dots B$).

В зависимости от величины коэффициента K_i^o загрязнение вещества на пять классов опасности: нетоксичные ($K_i^o=0,2$); IV ($K_i^o=1$); III ($K_i^o=2$); I ($K_i^o=3$); I ($K_i^o=7$).

Оценка величины предотвращенного ущерба от загрязнения водной среды проводится на основе региональных показателей удельного ущерба, представляющих собой удельные стоимостные оценки ущерба на единицу (1 условную тонну) приведенной массы сброса загрязняющих веществ [41]:

$$Y_{пр,r}^B = \sum_{j=1}^B Y_{уд,r,j}^B \cdot \Delta M_r^B \cdot K_j^B \cdot J_d, \quad (1.84)$$

$$\Delta M_r^B = M_1^B - M_2^B, \quad (1.85)$$

где $Y_{пр,r}^B$ – предотвращенный экологический ущерб водным ресурсам в рассматриваемом r -том регионе, тыс. р;

$Y_{уд,r,j}^B$ – показатель удельного ущерба (цены загрязнения) водным ресурсам, наносимого единицей (условная тонна) приведенной массы загрязняющих веществ на конец расчетного периода для j -го водного объекта в рассматриваемом r -том регионе, р/усл.т;

M_1^B, M_2^B – приведенная масса сброса загрязняющих веществ в водные объекты рассматриваемого региона, соответственно, на начала и конец расчетного периода, тыс. усл.т;

ΔM_r^B – приведенная масса загрязняющих веществ, снимаемых (ликвидируемых) в результате природоохранной деятельности и осуществления соответствующих водоохранных мероприятий в r -том регионе в течение расчетного периода, тыс. усл.т;

K_j^B – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов по бассейнам основных рек, определяется в соответствии с коэффициентами, учитывающими экологические факторы;

J_d – индекс-дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Минэкономикой России на рассматриваемый период и доводимый Госкомэкологии России до территориальных природоохранных органов;

j – водный объект ($j=1\dots P$).

Приведенная масса загрязняющих веществ рассчитывается по следующим формулам:

– для каждого конкретного объекта или направления водоохранной деятельности в регионе

$$M_k^B = \sum_{i=1}^N m_i^B \cdot K_{ji}^B, \quad (1.86)$$

– для r -го региона (района) в целом

$$M_r^B = \sum_{k=1}^K m_k^B, \quad (1.87)$$

где m_i^B – масса фактического сброса i -го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной эколого-экономической опасности в водные объекты рассматриваемого региона, т;

k_{zi}^a – коэффициент относительной эколого-экономической опасности для i -го загрязняющего вещества или группы веществ;

i – номер загрязняющего вещества или группы веществ ($i=1 \dots N$);

k – объект или направление водоохранной деятельности ($k=1 \dots N$).

По диапазону применения величины коэффициента относительной экологической опасности ($k_{zi}^a=0,05-15000$)загрязняющие водные объекты вещества делятся на 14 групп.

В качестве основы для расчетов приведенной массы загрязнений используются утвержденные значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воде водоемов рыбохозяйственного значения (как наиболее жесткие). С помощью ПДК определяются коэффициенты эколого-экономической опасности загрязняющих веществ (как величина, обратная ПДК)

$$k_{zi} = 1/\text{ПДК}. \quad (1.88)$$

Оценка величины предотвращенного экологического ущерба биоресурсам осуществляется по трем основным категориям мероприятий [42]:

–обеспечивающим сохранение в целом биоресурсного комплекса территории;

–обеспечивающим сохранение отдельных видов или групп экологически и систематически близких животных и растений;

–обеспечивающим комплексные компенсационные меры по снижению прогнозируемого ущерба при проектировании, строительстве и эксплуатации хозяйственных объектов.

К первой категории мероприятий относятся:

–создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ);

–предупреждение катастроф, стихийных бедствий;

–запрещение выделения территорий под сплошные рубки, застройку, разработку месторождений и т. п.

Ко второй категории мероприятий относятся:

–предупреждение браконьерства, несанкционированных вырубок деревьев и сбора растений;

–биотехнические мероприятия, предотвращающие гибель животных и уничтожение растений при проведении производственных процессов, прокладке транспортных магистралей и линий электропередач и т. п.;

–создание питомников, зверо- и дичеферм и иных производственных структур по разведению видов животных и растений.

К третьей категории мероприятий относятся комплексные компенсационные меры по снижению прогнозируемого ущерба при проектировании, строительстве и эксплуатации хозяйственных объектов.

Оценка состояния первичных экосистем биоресурсов на момент начала воздействия хозяйственной деятельности проводится по экологическим группам биоресурсов на видовом уровне с использованием информации согласно летописи природы, формы "ТП-охота", отраслевой статистической отчетности, региональных кадастров, а также материалов специальных исследований и литературных источников.

Разница между показателями, характеризующими состояние биологических ресурсов в границах рассматриваемой территории, определяется специальным расчетом исходя из кадастровой оценки.

Оценка предотвращенного экономического ущерба биоресурсам в результате создания ООПТ производится по следующей формуле [41]:

$$y_{\text{пр1}}^{\text{б}} = \sum_{i=1}^N \frac{N_{oi} \cdot H_i \cdot K_p}{T}, \quad (1.89)$$

где $Y_{\text{пр1}}^6$ – оценка в денежной форме величины предотвращенного ущерба биоресурсам для первой категории мероприятий за отчетный период времени, тыс. р;

$i=1, 2, 3, \dots, N$ – количество видов наземных позвоночных животных и растений, экз.;

N_{o_i} – общее число животных или растений i -го вида, обитающих на всей охраняемой территории, экз.;

H_i – такса за ущерб i -му виду учитываемых животных или растений, р;

K_p – региональный коэффициент биоразнообразия;

T – временной лаг (количество лет, в течение которых предполагается функционирование охраняемой территории, обычно равно 50).

Коэффициент биоразнообразия K_p характеризует неоднородность регионов по представительству объектов животного и растительного мира. Данные коэффициенты для каждого субъекта Российской Федерации являются расчетной величиной соотношения суммарного количества видов четырех важнейших групп животных и растений (млекопитающих, птиц, рыб и сосудистых растений) к региону, где отмечена минимальная их сумма.

Оценка предотвращенного экономического ущерба биоресурсам в результате предупреждения катастроф, стихийных бедствий, запрещения выделения территорий под сплошные вырубку, застройку, разработку месторождений и т. д. производится по формуле

$$Y_{\text{пр1}}^6 = \sum_{i=1}^N (N_{o_i} \cdot H_i) \cdot K_p, \quad (1.90)$$

где $Y_{\text{пр1}}^6$ – оценка в денежной форме величины предотвращенного ущерба биоресурсам для первой категории мероприятий за отчетный период времени, тыс. р/год;

N_{o_i} – общее число животных или растений i -го вида, обитающих на всей охраняемой территории, экз.

Для лесной растительности по формуле

$$Y_{\text{пр1л}}^6 = \sum_{i=1}^N (N_{o_i} \cdot H_i) \cdot S \cdot K_p, \quad (1.91)$$

где $Y_{\text{пр1л}}^6$ – оценка в денежной форме величины предотвращенного экономического ущерба лесным ресурсам для первой категории мероприятий за отчетный период времени, тыс р;

$i=1, 2, 3, \dots, N$ – число лесных пород растений на сохраненной территории, экз.;

N_{o_i} – средний запас i -го вида лесной породы, определенный для сохраненной территории, м³ на 1 га;

H_i – таксовая стоимость древесины i -го вида лесной породы, рублей за 1 м³;

S – площадь сохраненной территории, по которой производится расчет, га;

K_p – региональный коэффициент биоразнообразия.

Оценка предотвращенного экономического ущерба наземным позвоночным животным в результате реализации мероприятий второй категории проводится по формуле

$$Y_{\text{пр2}}^6 = \sum_{i=1}^N [(N_{t_i} - N_{o_i} - D_{t_i}) \cdot H_i] \cdot K_p, \quad (1.92)$$

где $Y_{\text{пр2}}^6$ – оценка в денежной форме величины предотвращенного экологического ущерба i -му виду или группе видов наземных позвоночных животных за отчетный период времени в результате реализации мероприятий II категории, тыс р/год;

N_i – численность i -го вида или группы видов наземных позвоночных животных на конец отчетного периода, экз.;

N_0 – численность i -го вида или группы видов наземных позвоночных животных на конец предшествующего периода, экз.;

D_i – предполагаемое изъятие i -го вида наземных животных в отчетном периоде (экз.). Применяется для охотничье-промысловых и хозяйственно-используемых видов наземных позвоночных животных;

H_i – такса взыскания за ущерб, нанесенный одной особи соответствующего i -го вида или группы видов, р/экз.

Оценка предотвращенного экономического ущерба беспозвоночным животным, в том числе редким и исчезающим видам, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, в результате реализации природоохранных мероприятий второй категории проводится по следующей формуле:

$$Y_{прб}^6 = S \cdot E \cdot H, \quad (1.93)$$

где $Y_{прб}^6$ – оценка в денежной форме величины предотвращенного ущерба беспозвоночным животным за отчетный период времени, тыс р/год;

S – площадь территории рекультивации или проведения мероприятий по восстановлению почвенного покрова, га;

E – вес биомассы беспозвоночных животных на единицу площади соответствующей природной зоны;

H – такса взыскания за ущерб, причиненный уничтожением или деградацией почвенного покрова на соответствующей территории субъекта Российской Федерации.

Для расчета предотвращенного экономического ущерба от реализации комплексных компенсационных мер по снижению прогнозируемого ущерба при проектировании, строительстве и эксплуатации хозяйственных объектов используется формула

$$Y_{прс}^6 = \sum_{i=1}^N N_i^p \cdot K_p \cdot \bar{H}, \quad (1.94)$$

где $Y_{прс}^6$ – оценка в денежной форме величины предотвращенного ущерба биоресурсам от мероприятий по оценке и контролю за реализацией проектов строительства и эксплуатации крупных хозяйственных объектов за отчетный период времени, тыс. р/год;

N_i^p – суммарная численность объектов животного и растительного мира (комплекс из видов от 1 до n), которая может быть потеряна в результате нерегламентированного воздействия, шт.;

\bar{H} – такса ущерба биоресурсам (средняя величина от суммы такс по каждому виду из анализируемого комплекса видов на данной территории), р

Общая величина предотвращенного экономического ущерба биоресурсам на рассматриваемой территории за отчетный период времени определяется как сумма ущербов по всем категориям биоохранных мероприятий

$$Y_{пр}^6 = Y_{пр1}^6 + Y_{пр11}^6 + Y_{пр1л}^6 + Y_{пр2}^6 + Y_{прб}^6 + Y_{прс}^6, \quad (1.95)$$

где $Y_{пр}^6$ – суммарная экономическая оценка величины предотвращенного экологического ущерба от проведения всех видов мероприятий по охране биоресурсов на рассматриваемой территории за отчетный период времени, тыс. р.

Укрупненная оценка величины предотвращенного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух может проводиться как для одного крупного источника или группы оцениваемых источников, так и для региона в целом. В этих случаях для определения величины предотвращенного ущерба предлагается использовать усредненные расчетные значения экономической оценки ущерба на единицу приведенной

массы атмосферных загрязнений (удельные ущербы) для основных экономических районов РФ

$$Y_{пр,r}^a = Y_{уд,r}^a \cdot (M_1^a - M_2^a) \cdot K_3^a \cdot J_d, \quad (1.96)$$

где $Y_{уд,r}^a$ – величина экономической оценки удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (показатель удельного ущерба) для r -го экономического района РФ, р/усл.т;

M_1^a, M_2^a – приведенная масса сброса загрязняющих веществ, соответственно на начало и конец расчетного периода, усл.т;

K_3^a – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха территорий экономических районов России, определяется в соответствии с коэффициентами, учитывающими экологические факторы;

J_d – индекс дефлятор по отраслям промышленности.

Приведенная масса загрязняющих веществ рассчитывается по следующим формулам:

- для k -го конкретного объекта или направления атмосфероохранной деятельности в регионе:

$$M_k^a = \sum_{i=1}^N m_i^a \cdot k_{3i}^a, \quad (1.97)$$

- для r -го региона (района) в целом:

$$M_r^a = \sum_{k=1}^K m_k^a, \quad (1.98)$$

где m_i^a – масса выброса в атмосферный воздух i -го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной эколого-экономической опасности, т;

k_{3i}^a – коэффициент относительной эколого-экономической опасности для i -го загрязняющего вещества или группы веществ;

i – индекс загрязняющего вещества или группы веществ ($i=1 \dots N$);

k – конкретный объект или направление атмосфероохранной деятельности ($k=1 \dots K$).

По величине коэффициента относительной экономической опасности ($k_{3i}^a=0,4-12500$) загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферный воздух, делятся на четыре группы (A, B, C, D).

Рассчитанный по приведенной методике предотвращенный экологический ущерб в результате реализации природоохранных мероприятий используется при оценке экологического эффекта инвестиционного проекта.

Экологический и социальные эффекты являются обязательной составной частью при расчете общей эффективности проекта. Горный проект должен соответствовать установленным социальным и экологическим нормам и стандартам условий труда и отдыха работников предприятия, обеспечения их жилой площадью и объектами социально-бытовой инфраструктуры, сохранения окружающей природной среды.

При разработке инвестиционных проектов большое внимание уделяется решению задач социальной направленности. Основными характеристиками социальной обустроенности работников горных предприятий являются [8, 70]:

- показатели трудоустроенности и безработицы;
- уровень обеспеченности работников и членов их семей жильем, его благоустроенность;
- физическая изношенность жилого фонда;

– наличие и степень развитости социальной инфраструктуры района проживания (дороги, транспорт, объекты культуры, медицинского обслуживания, учебные заведения, детские сады, спортивные центры, базы отдыха и т.п.);

– санитарно-гигиенические условия проживания;

– надежность системы снабжения населения важнейшими видами продуктов и другими товарами, а также теплом и энергией;

– показатели охраны и техники безопасности на предприятии и данные статистики случаев травматизма.

1.7. Геолого-экономическая оценка техногенных месторождений

Техногенные месторождения – это скопление минеральных веществ, образовавшихся в результате складирования отходов добычи полезных ископаемых, обогатительного, металлургического и других производств, качество и количество которых позволяет осуществлять их добычу и переработку на рациональной экономической основе [63].

Состав и строение техногенных месторождений зависит от геолого-промышленного типа исходного природного месторождения, способа добычи и технологической схемы переработки минерального сырья, условий складирования и сроков хранения отходов. В соответствии с этим они подразделяются:

1) на сырье, образовавшееся в результате разработки полезных ископаемых (отвалы забалансовых руд, вскрышных и вмещающих пород);

2) отходы, сформировавшиеся в процессе переработки минерального сырья (шламо- и хвостохранилища, отходы металлургического, химического и других производств).

Изучение техногенных месторождений на стадиях оценочных и разведочных работ, эксплуатационной разведки сопровождается их комплексной геолого-экономической оценкой. Она включает оценку геологических и горнотехнических условий освоения техногенных объектов, технологических свойств техногенного сырья, расчет технико-экономических показателей оценки месторождений с учетом социальных и экологических последствий их разработки.

Техногенные месторождения в отличие от природных объектов характеризуются в целом более простыми условиями залегания. Для целей разведки они делятся на две группы, различающиеся по морфологии, внутреннему строению и гранулометрическому составу. В первую группу входят отвалы, сложенные отходами добычи полезных ископаемых, энергетического (золоотвалы) и металлургического (шлаки, кеки) переделов. По форме они представлены плоскими пластообразными и террасированными, коническими и гребневидными образованиями, сложенными разнозернистым, в различной степени слежавшимся материалом с размером кусков от мм до десятков сантиметров.

Ко второй группе относятся шламохранилища и хвостохранилища, имеющие плоскую поверхность с нижней границей, определяемой рельефом местности, в которой они размещаются. Материал хвостохранилищ мелкозернистый или тонкодисперсный.

Россия обладает значительными запасами техногенного сырья. В отвалах и хвостохранилищах заскладировано около 85 млрд. т горных пород и отходов переработки полезных ископаемых [32]. Запасы пиритсодержащих хвостов на обогатительных фабриках Урала составляют свыше 150 млн. т. В них содержатся сотни тысяч тонн меди и цинка, десятки миллионов тонн серы, десятки тонн золота, сотни тонн серебра (табл. 33).

Запасы пиритсодержащих хвостов и полезных компонентов на обогатительных фабриках Урала [74]

Обогатительные фабрики	Запасы хвостов, млн. т	Количество полезных компонентов в хвостах				
		Cu, тыс. т	Zn, тыс. т	S, тыс. т	Au, т	Ag, т
Красноуральская	19,4	70,6	134,2	3700	25,2	366,0
Кировградская	29,1	50,2	71,2	2238	9,7	178
Среднеуральская	29,3	75,1	158,4	8863	13,8	352,1
Карабашская	10,1	25,1	31,7	3351	16,4	100,5
Гайская	14,4	22,2	73,8	5068	20,6	306,1
Сибайская	39,1	127,3	129,5	6714	4,4	66,1
Бурибаевская	5,9	27,7	11,1	1548	5,2	44,8
Учалинская	22,0	77,3	128,7	7185	27,8	447,8

Существенные запасы цветных и благородных металлов сосредоточены в отходах металлургического производства (табл. 34).

Высоким ресурсным потенциалом характеризуются техногенные россыпи золота и платины. Например, среди промышленных типов россыпных месторождений золота по объемам добычи металла техногенные россыпи занимают второе место [39].

Запасы техногенного сырья делятся на разведанные и предварительно оцененные в зависимости от степени изученности качественных свойств, определяющих внутреннее строение месторождений. Для определения качества вторичного сырья исследуют его минеральный и химический состав, содержание полезных компонентов и вредных примесей и характер их пространственного распределения в пределах техногенных залежей. При опробовании шлакоотвалов изучаются текстурные особенности шлаков, которые по физическому состоянию делятся на гранулированные и литые. Гранулированные шлаки представляют собой мелкозернистый (2-5 мм) сыпучий материал. В литых шлаках устанавливают размеры и характер срастания зерен и агрегатов соединений, содержащих полезные компоненты, а также их физико-механические свойства (плотность, истираемость,

кислотостойкость, водопоглощаемость, вязкость). Для изучения качества техногенного сырья, предназначенного для использования в стройиндустрии, проводят техническое опробование для определения насыпной и минералогической плотности, гранулярного состава, влажности, прочности, упругости.

Таблица 34

Запасы техногенных минеральных образований металлургического производства Восточного Казахстана [17]

Наименование ТМО	Запасы, тыс. т	Занимаемая площадь, га	Полезные компоненты		
			Элементы	Содержание	Количество металлов
1	2	3	4	5	6
Усть-Каменогорский свинцово-цинковый комбинат					
Шлаки гранулированные	2805,8	8,9	Zn	0,6 %	16,8 тыс. т
			Cu	0,35 %	9,6 тыс. т
			Pb	6,0 %	168,4 тыс. т
			Au	0,3 г/т	842,0 кг
			Ag	33 г/т	92,6 т
Клинкер цинкового производства	1036,2	4,0	Zn	2,45 %	25,4 тыс. т
			Cu	0,95 %	9,8 тыс. т
			Pb	1,25 %	13,0 тыс. т
			Au	2,0 г/т	2072,4 кг
			Ag	250 г/т	259,1 т
1	2	3	4	5	6
Иртышский медеплавильный завод					
Шлаки гранулированные	7980,5	36,0	Cu	0,53 %	42,3 тыс. т
			Zn	4,53 %	361,5 тыс. т
			Pb	0,8 %	63,8 тыс. т
			Fe	27,5 %	2194,6 тыс. т
			Au	0,1 г/т	798,0 кг
			Ag	10,2 г/т	81,4 т
Лениногорский цинковый завод					
Накопитель клинкера	2704,6	17,9	Cu	0,45 %	12,2 тыс. т
			Zn	0,75 %	20,3 тыс. т
			Pb	0,75 %	20,3 тыс. т
			Fe	29,0 %	784,3 тыс. т
			Au	0,79 г/т	2136,6 кг
			Ag	22,25 г/т	60,2 т
Накопитель гидратного кека	393,0	6,1	Cu	0,5 %	1,96 тыс. т
			Zn	3,7 %	14,5 тыс. т
			Pb	3,12 %	12,3 тыс. т
			Au	1,46 г/т	573,8 кг
			Ag	46,3 г/т	18,2 т

По инженерно-гидрогеологическим условиям техногенные месторождения делятся на сухие (маловлажные), влажные и обводненные [63]. К сухим (маловлажным) относятся отвалы вскрышных и вмещающих пород, спецотвалы некондиционных руд, осушенные шламо-, шлако- и хвостохранилища. Влажные и обводненные техногенные месторождения включают частично осушенные действующие хвостохранилища, а также законсервированные хвостохранилища, на 40 % и более покрытые водой. В процессе инженерно-гидрогеологических исследований при разведке техногенных образований, отработка которых предполагается открытым способом (карьером), изучается степень обводненности месторождения поверхностными и подземными водами, устанавливается положение уровня грунтовых вод, выявляются вероятные источники обводнения, рассчитываются возможные водопритоки в эксплуатационные выработки, характеризуются условия фильтрации, определяются физико-механические свойства мерзлых и талых вод, оценивается возможность возникновения оползней. Для инженерно-геологической оценки устойчивости пород проводят наблюдения за поведением их в выработках, в условиях воздействия атмосферных агентов, отмечают наличие пльвунов, исследуют характер разрушения и размокания керна мерзлых пород при оттаивании.

Если техногенную залежь предполагается отрабатывать с применением геотехнологических методов (кучного химического и бактериального выщелачивания), изучаются основные физико-механические параметры (пористость, коэффициент фильтрации, водоотдача, другие гидравлические свойства), определяющие условия будущей эксплуатации.

Технологическая оценка техногенных образований в связи с более низким содержанием в них полезных компонентов в сравнении с

природными месторождениями является главной задачей их изучения. Она включает [63]:

- 1) установление принципиальной возможности промышленной переработки материала техногенного месторождения на рациональной экономической основе;
- 2) выделение технологических типов и сортов минерального сырья, определение возможности и целесообразности совместной или раздельной отработки и обогащения сортов;
- 3) разработку технических решений, обеспечивающих технико-экономические показатели переработки сырья за счет извлечения ценных компонентов, более полного использования его нерудной составляющей и улучшения экологической обстановки.

На начальной стадии изучения техногенных образований отбираются минералого-технологические пробы, в которых определяют содержания, распределение ценных компонентов и вредных примесей по формам минеральных соединений, гранулометрический состав, физико-механические свойства. Для проведения дальнейших исследований производится отбор малообъемных технологических проб массой от нескольких кг до 50 кг, характеризующих отдельные типы и сорта техногенного сырья по разведочным пересечениям. По выделенным технологическим типам и сортам в процессе разведки отбираются представительные лабораторные и укрупненно-лабораторные пробы массой от 0,1 до первых тонн для выбора рациональной схемы переработки сырья, изучения распределения основных и попутных компонентов по продуктам обогащения. Завершается технологическая оценка отбором полупромышленных проб массой от нескольких тонн до нескольких сотен тонн для проверки и уточнения схем и показателей переработки отвалов.

При проведении технологических испытаний также оценивается возможность предварительного обогащения техногенного сырья (радиометрического, в тяжелых суспензиях, отсадкой).

Радиометрические методы обогащения применяются для минерального сырья, обладающего достаточной степенью контрастности. Количественно характеризуется показателем контрастности (M)

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n [(c_i - \alpha)\gamma]}{\alpha}, \quad (1.99)$$

где α – среднее содержание полезного компонента в техногенных образованиях, %;

c_i – содержание полезного компонента в отдельных кусках (порциях), %;

γ – доля массы каждого куска в общей массе пробы, доли единицы;

n – количество порций в пробе.

Сырье подразделяется по контрастности на 5 категорий:

- 1) неконтрастное ($M < 0,5$);
- 2) низкоконтрастное ($M = 0,5 - 0,7$);
- 3) контрастное ($M = 0,7 - 1,1$);
- 4) высококонтрастное ($M = 1,1 - 1,5$);
- 5) особоконтрастное ($M > 1,5$).

Масса технологических проб, отбираемых для испытаний обогатимости радиометрическими методами, должна быть не менее 2-3 тонн.

Переработка техногенного сырья обычно проводится на действующих предприятиях. Важным горно-технологическим показателем оценки техногенного месторождения является годовая производственная мощность рудника по переработке отходов (A_T), которая определяется по формуле [74]

где Q_i – свободная мощность на обогатительной фабрике (металлургическом заводе) по товарной продукции, т/год

C_c, C_T – содержание полезного компонента в добытом сырье и товарном продукте, %;

K_n – коэффициент извлечения полезного компонента в товарную продукцию, доли ед.

Если при переработке техногенного сырья получают несколько видов товарной продукции ее годовой объем (Q_T) рассчитывается из выражения

$$Q_T = \sum_{i=1}^n j_i \cdot A_T, \quad (1.101)$$

где j_i – выход i -го вида товарной продукции, получаемой из 1т добытого сырья, доли ед.;

n – количество видов товарной продукции.

Выход каждого вида товарной продукции устанавливается по формуле

$$j_i = \frac{C_c \cdot K_n}{C_T}. \quad (1.102)$$

Если при освоении техногенного месторождения попутно используются нерудные составляющие для производства стройматериалов, выход строительной продукции определяется отношением ее объема к величине объема переработанных отходов.

Экономическая оценка эффективности освоения техногенных месторождений, как и при оценке первичных природных месторождений, включает определение следующих показателей [63, 74]:

- 1) Общая величина инвестиций;
- 2) Эксплуатационные затраты;
- 3) Годовая прибыль от реализации товарной продукции;
- 4) Чистый дисконтированный доход;
- 5) Индекс доходности;

6) Срок окупаемости инвестиций;

7) Внутренняя норма доходности.

Народнохозяйственный эффект от освоения техногенного месторождения рассчитывается по формуле [74]

$$\mathcal{E}_{\text{нх}} = \mathcal{E}_{\text{ком}} + \mathcal{E}_{\text{эм}} + \mathcal{E}_{\text{с}} + \mathcal{E}_{\text{соп}}, \quad (1.103)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ком}}$ – коммерческий эффект, равный чистому дисконтированному доходу (ЧДД), за весь срок разработки месторождения;

$\mathcal{E}_{\text{эм}}, \mathcal{E}_{\text{с}}$ – экологический и социальный эффекты;

$\mathcal{E}_{\text{соп}}$ – сопряженный эффект от эксплуатации техногенного месторождения, возникающий в геологоразведочной отрасли ($\mathcal{E}_{\text{гр}}$) и строительстве ($\mathcal{E}_{\text{ст}}$).

Годовой экологический эффект ($\mathcal{E}_{\text{эм}}$) от разработки техногенного месторождения состоит из прямого эффекта ($\mathcal{E}_{\text{эл}}$), возникающего вследствие уменьшения вредного воздействия на окружающую среду и косвенного эффекта ($\mathcal{E}_{\text{эк}}$), образующегося за счет экономии затрат на содержание и размещение отходов, экономии на платежах и т. д. [74]

$$\mathcal{E}_{\text{эм}} = \mathcal{E}_{\text{эл}} + \mathcal{E}_{\text{эк}}. \quad (1.104)$$

Прямой экологический эффект можно рассчитать по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{эл}} = \mathcal{E}_{\text{по}} + \mathcal{E}_{\text{уз}} + [(Y_{\text{ат}} + Y_{\text{вп}}) - (Y_{\text{ат}} + Y_{\text{вт}})] \cdot A_t, \quad (1.105)$$

где $\mathcal{E}_{\text{по}}$ – эффект от повторного использования высвобождаемых земель (предотвращенный ущерб от отчуждения новых земель), р/год;

$\mathcal{E}_{\text{уз}}$ – эффект от ежегодного уменьшения загрязнения окружающей среды вследствие сокращения площади техногенного месторождения, р/год;

$Y_{\text{ат}}, Y_{\text{вт}}$ – удельные ущербы (на 1 т товарной продукции) атмосферному воздуху при переработке соответственно природного и техногенного сырья, р/р;

$Y_{\text{вп}}, Y_{\text{вт}}$ – удельные ущербы водным ресурсам при переработке природного и техногенного сырья, р/р;

A_t – объем продукции t -го года в денежном выражении, р/год.

Эффект от повторного использования земель равен:

$$\mathcal{E}_{\text{по}} = (\mathcal{C}_3 + \mathcal{Z}_p) \cdot S_{\text{от}}, \quad (1.106)$$

где \mathcal{C}_3 – экономическая оценка 1 га земли в данной местности, р/га;

\mathcal{Z}_p – затраты на рекультивацию 1 га земли, р/га;

$S_{\text{от}}$ – ежегодно освобождаемая площадь нарушенных земель, га/год.

Годовой эффект (предотвращенный ущерб) от уменьшения загрязнения среды при сокращении площади обрабатываемого техногенного месторождения рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{уз}} = (Y_{\text{пз}}^a + Y_{\text{пз}}^b + Y_{\text{пн}}^{\text{сх}}) \cdot S_{\text{от}}, \quad (1.107)$$

где $Y_{\text{пз}}^a$ – предотвращенный ущерб атмосфере от нарушения земельных ресурсов, устанавливается из выражения

$$Y_{\text{пз}}^a = V_A \cdot q_A \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (1.108)$$

где V_A – объем пылегазообразных выбросов с 1 га нарушенных земель, т/га;

q_A – удельная оценка ущерба от 1 т пылегазообразных выбросов;

k_1, k_2, k_3 – коэффициенты, соответственно учитывающие зональные особенности территории, высоту отвала, зону влияния нарушенных земель.

$Y_{\text{пз}}^b$ – предотвращенный ущерб от загрязнения водоемов из-за нарушения 1 га земли, определяется по формуле

$$Y_{\text{пз}}^b = V_b \cdot q_b, \quad (1.109)$$

где V_b – объем выноса загрязняющих веществ в водные бассейны с 1 га нарушенных земель, т/га;

q_b – удельная оценка ущерба от 1 т загрязняющих веществ, поступающих в водоем, р/т.

Предотвращенный ущерб сельскохозяйственным угодьям ($Y_{\text{пн}}^{\text{сх}}$) от уменьшения площади нарушенных земель равен

$$Y_{\text{пн}}^{\text{сх}} = \sum_{i=1}^n Q_i P_i, \quad (1.110)$$

где $i=1...n$ – индекс видов сельскохозяйственной продукции, выращиваемой в зоне влияния нарушенных земель;

Q_i – годовой объем дополнительной продукции i -го вида при уменьшении площади нарушенных земель, т/год;

P_i – прибыль от реализации 1 т продукции i -го вида.

Косвенный экологический эффект рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{эк}} = \mathcal{E}_{\text{с}} + \mathcal{E}_{\text{пр}} + \mathcal{E}_{\text{нд}}, \quad (1.111)$$

где $\mathcal{E}_{\text{с}}$ – эффект от уменьшения затрат на содержание отходов, равный $C \cdot Q_0$

где C – издержки по доставке и содержанию 1 т отходов в хранилище, р/т;

Q_0 – годовой объем утилизации отходов, т

Эффект от уменьшения платежей за размещение отходов определяется из выражения

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = H_{\text{п}} \cdot K_3 \cdot K_{\text{п}} \cdot Q_0, \quad (1.112)$$

где $H_{\text{п}}$ – нормативная плата за размещение 1 т отходов в пределах лимита, р/т;

K_3 – коэффициент экологической ситуации;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент индексации платы;

Q_0 – годовой объем размещения отходов, т/год.

Эффект от экономии по налогам за добычу полезных ископаемых устанавливается по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{нд}} = C_{\text{д}} \cdot A_{\text{г}}, \quad (1.113)$$

где $C_{\text{д}}$ – ставка налога на добычу полезных ископаемых, доли ед.;

$A_{\text{г}}$ – годовая стоимость добытого сырья, р/год.

Общая величина экологического эффекта от освоения техногенного месторождения ($\mathcal{E}_{\text{эм}}$) будет равна сумме эффектов за каждый t -ый год эксплуатации

$$\mathcal{E}_{\text{эм}} = \sum_{t=1}^T \mathcal{E}_{\text{э}_t}, \quad (1.114)$$

где T – срок разработки месторождения.

Основными оценочными показателями социальных последствий при освоении техногенного месторождения являются [74]: в сфере трудовой деятельности – занятость населения (уровень безработицы), а среди демографических характеристик – средняя продолжительность жизни. Социальный эффект ($\mathcal{E}_{\text{с}}$) в денежном выражении рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{с}} = \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4, \quad (1.115)$$

где \mathcal{E}_3 – эффект от увеличения занятости населения;

\mathcal{E}_4 – эффект от улучшения демографической ситуации в регионе.

При освоении техногенного месторождения образуются новые рабочие места, снижается уровень безработицы в регионе, улучшается социальная обстановка. Социальный эффект, возникающий вследствие увеличения занятости населения, определяется по формуле

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{C}_{\text{рм}} \cdot \Pi_{\text{б}} \cdot M, \quad (1.116)$$

где $\mathcal{C}_{\text{рм}}$ – количество новых рабочих мест, образовавшихся вследствие разработки техногенного месторождения, чел.;

$\Pi_{\text{б}}$ – величина месячного пособия по безработице, р/мес;

M – число месяцев выплаты пособия по безработице, мес.

Социальный эффект от улучшения демографической ситуации в районе работ (\mathcal{E}_4) рассчитывается по выражению

$$\mathcal{E}_4 = \Delta t_{\text{ж}} \cdot j_{\text{г}} \cdot A_{\text{п}} \cdot N, \quad (1.117)$$

где $\Delta t_{\text{ж}}$ – увеличение продолжительности жизни населения, обусловленное улучшением состояния окружающей среды в регионе, лет;

N – численность населения пенсионного возраста, работающая в сфере производства и услуг;

j_T – коэффициент, учитывающий влияние техногенного объекта на экологическую ситуацию в регионе, зависит от структуры горнопромышленного комплекса. Для горно-обогатительного комбината он составляет 0,25-0,40, а при наличии металлургического передела его значение уменьшается до 0,15-0,25.

A_n – производственный потенциал жизнедеятельности человека в рассматриваемом регионе, определяется по формуле:

$$A_n = \frac{W}{N_n}, \quad (1.118)$$

где W – валовый годовой продукт региона;

N_n – среднегодовая численность работающих в сфере производства и услуг.

Сопряженный эффект от эксплуатации техногенного месторождения рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{соп}} = \mathcal{E}_{\text{гр}} + \mathcal{E}_{\text{ст.}} \quad (1.119)$$

Эффект в геологоразведке возникает вследствие экономии затрат, которые пришлось бы осуществлять на поиски и разведку запасов полезных ископаемых взамен обрабатываемых техногенных ресурсов. Он определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{гр}} = Z_{\text{гм}} \cdot Q_m, \quad (1.120)$$

где $Z_{\text{гм}}$ – удельные затраты на поиски и разведку 1т металла (полезного компонента), р/т;

Q_m – запасы металла, извлекаемого из техногенного месторождения, т.

Эффект в строительстве образуется вследствие экономии инвестиций, обусловленной размещением техногенного сырья на поверхности и резким сокращением объемов строительных (горно-капитальных) работ. Он равен

$$\mathcal{E}_{\text{ст.}} = K_{\text{уп}} \cdot A_n - K_{\text{ут}} \cdot A_t, \quad (1.121)$$

где $K_{\text{уп}}$, $K_{\text{ут}}$ – удельные капитальные затраты при освоении природного и техногенного месторождений, р/т;

A_n , A_t – производственная мощность (по сырью) при разработке природного и техногенного месторождений, т/год.

1.8. Геолого-экономическое обоснование кондиций на минеральное сырье.

Важной задачей геолого-экономической оценки месторождений является обоснование разведочных и эксплуатационных кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых. Кондиции на минеральное сырье представляют собой совокупность требований к качеству и количеству полезных ископаемых, горно-геологическим и иным условиям их разработки, обеспечивающих наиболее полное комплексное и безопасное использование недр на рациональной экономической основе с учетом экологических последствий эксплуатации месторождения [16].

Разведочные и эксплуатационные кондиции на минеральное сырье выражаются в предельных значениях натуральных показателей качества и технологических свойств полезных ископаемых, а также горнотехнических условий разработки месторождения, устанавливаемых на основе геологического, горнотехнического, технологического, экономического и экологического обоснований [44].

Разведочные кондиции для подсчета балансовых (экономических) запасов рудных месторождений черных, цветных, редких и благородных металлов, алмазов, горно-химического сырья (фосфоритов, апатитов, бора, серы, ископаемых солей), плавикового шпата, барита, графита, талька, асбеста, слюды включают следующие параметры:

- бортовое содержание компонента (или содержание компонентов, приведенное к содержанию условного основного компонента) в пробе;
- минимальное содержание компонента в краевой выработке;
- условия оконтуривания рудных тел в геологических границах;
- требования к выделению промышленных (технологических) типов или сортов полезного ископаемого по содержанию компонентов, степени окисления или выветривания рудообразующих минералов, другим технологическим характеристикам и подсчету их запасов статистически или в геометризованных контурах;
- минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке, приведенное к содержанию условного основного компонента;
- минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке, определяемое исходя из условий окупаемости предстоящих эксплуатационных затрат;
- коэффициенты для приведения в комплексных рудах содержаний полезных компонентов к содержанию условного основного компонента; минимальные содержания компонентов, учитываемые при приведении;
- максимально допустимые содержания вредных примесей в краевой пробе, в оконтуривающей выработке и подсчетном блоке;
- минимальные мощности тел полезных ископаемых (пластов, залежей, жил и т. п.) или соответствующий минимальный метропроцент (метрограмм), при необходимости – минимальные мощности полезного ископаемого по типам, сортам (маркам);
- максимально допустимая мощность прослоев пустых пород или некондиционных руд, включаемых в контур подсчета запасов;

- минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых, участков;
- минимальный коэффициент рудоносности в подсчетном блоке;
- максимальная глубина подсчета запасов, требования, предусматривающие проведение подсчета запасов в экономически обоснованных контурах разработки, с выделением, при необходимости, охранных целиков;
- перечень попутных компонентов, подсчитываемых совместно с основными компонентами в балансовых запасах руд (по типам руд).

Кондициями для подсчета запасов на месторождениях, разрабатываемых методом подземного выщелачивания, дополнительно устанавливаются:

- максимальное допустимое содержание карбонатов по подсчетному блоку (для сернокислотного выщелачивания);
- минимальное допустимое содержание глинисто-алевролитовой фракции в рудовмещающей толще, относительно к проницаемым рудам;
- минимальный коэффициент фильтрации по блоку (залежи);
- предельная глубина залегания уровня подземных вод.

Перечень параметров для подсчета забалансовых (потенциально-экономических) запасов аналогичен таковому для подсчета балансовых запасов (исключая минимальное промышленное содержание).

Кондиции для подсчета балансовых запасов по месторождениям нерудных полезных ископаемых (карбонатные породы, магнезиты, дуниты, кварциты, песчаники как флюсовое сырье, глины керамические, формовочные и огнеупорные, пески формовочные, строительные и стекольные, облицовочные, стеновые и поделочные камни, цементное сырье и др.), а также по месторождениям общераспространенных полезных ископаемых включают:

– требования к качеству полезного ископаемого (или к получаемой из него товарной продукции) в соответствии с действующими государственными, отраслевыми стандартами и техническими условиями, с данными технологических испытаний оцениваемого сырья, устанавливаемого на пробу, интервал, соответствующий высоте эксплуатационного уступа или в целом по пересечению;

– условия подсчета запасов полезного ископаемого (статистически или в геометризованных контурах) по сортам (классам, маркам) конечной продукции;

– минимальный выход конечной продукции (например, для месторождений облицовочного камня – минимальный выход облицовочных плит или блоков);

– минимальная мощность тела полезного ископаемого;

– максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционного сырья, включаемых в подсчетный контур полезного ископаемого;

– максимальная глубина подсчета запасов или требования, предусматривающие проведение подсчета в экономически обоснованных контурах разработки.

• Кондиции для подсчета балансовых запасов углей (горючих сланцев) отличаются перечнем основных кондиционных параметров и их значимостью от рассмотренных кондиций на металлические и неметаллические полезные ископаемые. Основными параметрами кондиций являются следующие [46]:

– минимальная вынимаемая мощность пластов угля (сланца), а в пластах сложного строения – частей пласта, которые подлежат самостоятельной отработке; для селективно обрабатываемых частей этот

параметр определяют по сумме угольных (сланцевых) слоев и внутрипластовых породных прослоев;

– максимальная мощность породных прослоев, включаемых в угольный пласт сложного строения при его валовой выемке, или минимальная мощность таких прослоев, предназначенных для селективной выемки и разделяющих пласт на части, подлежащие самостоятельному подсчету и разработке;

– максимальная зольность угля A^d (для сланцев – минимальная теплота сгорания в пересчете на сухое топливо $Q_s d$). Для пластов сложного строения (или их частей, подлежащих селективной выемке) дополнительно – максимальная среднепластовая зольность с учетом засорения угля (сланца) внутрипластовыми породными прослоями и извлекаемыми при добыче неустойчивыми породами кровли и почвы пласта;

– перечень попутных компонентов отдельно по технологическим типам полезных ископаемых; в случае необходимости – их минимальное содержание;

– требования к гидрогеологическим, инженерно-геологическим и горнотехническим условиям разработки месторождений, к промышленной оценке пластов (участков, блоков) с особо сложными горно-геологическими условиями вследствие малого количества запасов, разобщенности площадей промышленного распространения пластов, интенсивной нарушенности и других причин, осложняющих ведение горных работ;

– предельная глубина отработки запасов; для открытого способа – предельные коэффициенты вскрыши, границы подсчета запасов в экономически обоснованных контурах разработки и за пределами этих контуров; границы участков первоочередной отработки;

– специальные требования к качеству углей (сланцев) – спекаемость, выход смол, содержание серы, фосфора и т. д.

Возможно применение и других параметров кондиций для подсчета балансовых запасов углей (горючих сланцев), которые могут быть общими с кондициями для рудных месторождений, при необходимом их геологическом, горнотехническом и экономическом обосновании.

Геолого-экономическое обоснование разведочных кондиций включает [44]:

1. Обобщение и анализ материалов по географо-экономическим, геологическим, гидрогеологическим, инженерно-геологическим условиям освоения месторождения. При обосновании кондиций по нескольким вариантам (оптимальному, оптимистическому и пессимистическому) выполняется соответствующий им подсчет запасов.

2. Обоснование способа и систем разработки месторождения, размеров потерь и разубоживания, годовой производительности предприятия; расчеты эксплуатационных запасов полезного ископаемого и их качественная характеристика по каждому из оцениваемых вариантов.

3. Обоснование оптимальной схемы и показателей комплексной переработки минерального сырья по результатам изучения вещественного состава и физико-механических свойств полезного ископаемого и представительных технологических исследований.

4. Расчеты технико-экономических показателей освоения месторождения (эксплуатационных затрат, капитальных вложений, чистого дисконтированного дохода, индекса доходности, срока окупаемости капиталовложений, внутренней нормы доходности) по каждому из вариантов.

5. Экономическая оценка предусматриваемых природоохранных мероприятий в соответствии с "Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье" (М., ГКЗ, 1995). В стоимость строительства предприятий

включаются все затраты по ликвидации предприятия и рекультивации территорий, предоставляемых во временное пользование на период строительства (прокладка линейных сооружений, создание карьеров стройматериалов, отвалов от планировочных работ), затраты по снятию плодородного слоя, его укладке в специальные отвалы, затраты по организации породных отвалов и др.

6. Определение оптимального варианта освоения месторождения и соответствующих этому варианту параметров кондиций.

Геолого-экономическое обоснование эксплуатационных кондиций, в основном, опирается на материалы, характеризующие конкретные особенности геологических, горнотехнических, технологических и иных условий разработки месторождения (цены, налоги, кредитные ставки и т. п.), изменение которых обуславливает необходимость проведения соответствующей корректировки ранее установленных подсчетных параметров.

Эксплуатационные кондиции дополнительно могут включать:

– **предельно допустимое качество запасов на контуре выемочного участка.** Этот параметр является аналогом бортового содержания и в зависимости от конкретных горно-геологических, технологических и прочих параметров оцениваемого выемочного участка может быть большим или меньшим величины, установленной разведочными кондициями;

– **предельно допустимое качество запасов в целом по эксплуатационному блоку или его части,** которая может быть отдельно добыта, – аналог минимального промышленного содержания в блоке, рассчитываемого по предстоящим затратам. Оно соответствует содержанию полезного компонента, при котором извлекаемая ценность минерального

сырья обеспечивает возмещение предстоящих эксплуатационных затрат и получение минимально необходимой прибыли предприятия;

– **минимальные запасы обособленного тела полезного ископаемого** целесообразны к отработке, исходя из окупаемости предстоящих затрат с учетом качества минерального сырья, его извлекаемой стоимости;

– **минимальная выемочная мощность тела полезного ископаемого**;

– **максимальная длина безрудного участка залежи**, включаемая в выемочный контур;

– **углы падения пласта (залежи)** и т. д.

Параметры эксплуатационных кондиций могут быть дифференцированы применительно к отдельным участкам (рудным телам) месторождения, отличающимся по своим характеристикам и условиям залегания, существенно влияющим на уровень эксплуатационных затрат при их отработке.

Для каждого месторождения, в зависимости от геологического строения, горнотехнических условий разработки, технологических свойств минерального сырья, учитывают только те из параметров кондиций, которые необходимы для геолого-экономической оценки его промышленного значения.

Параметры кондиций делятся на универсальные и частные. Универсальные параметры кондиций определяются в обязательном порядке для всех месторождений. К ним относятся бортовое содержание и минимальное промышленное содержание компонента, минимальная мощность тел полезных ископаемых, максимально допустимая мощность прослоев пустых пород. Специфические (частные) кондиционные параметры устанавливаются при необходимости на отдельных объектах.

Рассмотрим определение некоторых, наиболее часто применяемых параметров промышленных кондиций.

Бортовое содержание – это наименьшее содержание полезных компонентов в пробах, включаемых в подсчет запасов при оконтуривании тела полезного ископаемого по мощности (пересечению разведочной выработкой) в случае отсутствия его четких геологических границ [44].

Бортовое содержание выражается в месторождениях комплексных руд суммой имеющих промышленное значение содержаний полезных компонентов, приведенных к содержанию условного основного компонента, имеющего максимальную извлекаемую стоимость.

Бортовое содержание определяется на основе повариантных технико-экономических расчетов, позволяющих учесть всю совокупность горно-геологических, технологических и экономических факторов оценки месторождения.

Варианты с более высокими или низкими бортовыми содержаниями подбирают таким образом, чтобы разница в запасах руды, подсчитываемых при снижении (повышении) бортовых содержаний, составляла не менее 10 % от общих запасов ближайшего варианта. Нижний предел бортового содержания при повариантных расчетах определяется технологическими факторами: оно не должно быть ниже уровня содержаний, при которых полезный компонент не извлекается в товарную продукцию.

По каждому варианту бортового содержания определяются технико-экономические показатели, на основе которых устанавливается его оптимальное значение.

Критерием для оценки и выбора величины **бортового содержания** при разработке ТЭО разведочных кондиций является максимум чистого дисконтированного дохода за весь период разработки месторождения, определяемого как сальдо дисконтированных притока и оттока денежных

средств (кумулятивный денежный поток) с учетом (в базовом варианте – без учета), относимых на себестоимость продукции налоговых ставок и платежей за пользование недрами.

При окончательном выборе варианта бортового содержания оценивается экономический эффект (ЧДД), относящийся к рудам прирезки, который должен быть равен (или близок) к нулю.

Для месторождений, запасы которых мало изменяются при разных значениях бортового содержания, его повариантное обоснование не оправдывает себя. В этом случае более точным и менее трудоемким является аналитический расчет величины бортового содержания (C_b) по следующим формулам [16]:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент:

$$C_b = \frac{Z_d + Z_o}{C_k \cdot I_o \cdot (1-p)} \cdot 100\%, \quad (1.122)$$

где Z_d и Z_o – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды, р;

C_k – цена 1 т полезного компонента в концентрате, р (без налога на добавленную стоимость);

I_o – извлечение полезного компонента в концентрат при обогащении, доли единицы;

р – разубоживание при добыче, доли единицы.

б) при ценах на товарные концентраты (C_k) с установленным в них содержанием (C_k) полезного компонента

$$C_b = \frac{(Z_d + Z_o) \cdot C_k}{C_k \cdot I_o \cdot (1-p)} \cdot 100\%. \quad (1.123)$$

При этом эксплуатационные затраты, относимые на 1 т полезного ископаемого, учитываются не в полном объеме, а за вычетом тех элементов, размер которых не увеличивается при некотором (малом) изменении запасов.

В затраты на добычу включаются пропорциональные (переменные) затраты (топливно-энергетические затраты на основных процессах; заработная плата рабочих, непосредственно занятых на добыче руды, горной массы и их транспортировке; амортизация и ремонт основных фондов, стоимость которых увеличивается пропорционально объему горных работ, например, бурового оборудования и т. п.), а также все относимые на себестоимость налоги и платежи за право пользования недрами. Погашение горно-капитальных работ и условно-постоянные затраты (часть цеховых расходов, включающая зарплату управленческого персонала, зарплату постоянного штата рабочих, численность которых не зависит от объема горных работ); затраты на амортизацию и ремонт основных фондов в данном случае не учитываются.

Эксплуатационные затраты по обогащению и заводскому переделу руд принимаются в полном объеме.

Бортовое содержание, как правило, применяется к пробе. Допускается применение бортового содержания, особенно при наличии участков с прерывистым оруденением и тесной перемежаемостью прослоев руд и пустых (слабооруденелых) пород к интервалу разведочной (эксплуатационной) выработки, соответствующему высоте эксплуатационного уступа (или подступа). Для этого требуется технико-экономическое обоснование соответствия высоты принятого эксплуатационного уступа (подступа) горногеологическим условиям месторождения и нецелесообразности применения при отработке более дробной селекции, которая была бы необходима для выемки рудных тел в их границах, устанавливаемых по данным рядовых проб.

Применение бортового содержания к интервалу, соответствующему высоте эксплуатационного уступа (подступа), целесообразно, в частности, для месторождений штокверкового типа с относительно невысоким

3
содержанием полезных компонентов при небольших коэффициентах их вариации.

Условия оконтуривания рудных тел в геологических границах.

В ТЭО кондиций для подсчета запасов в геологических границах в целом или по мощности рудных тел (залежей) с достаточной полнотой обосновываются критерии их оконтуривания. В частности, по жильным месторождениям благородных, редких и цветных металлов при наличии различных по составу и рудной специализации жильных образований определяется совокупность признаков (минерального состава и т. п.), на основе которых выделяются геологические границы рудоносных жильных тел, включаемых в подсчет запасов. То же относится и к месторождениям, связанным с зонами развития метасоматитов, пегматитовыми телами и т. п.

Если на отдельных участках промышленное оруденение проявляется и в зонах приконтактных пород (зоны грейзенизации на редкометалльных жильных месторождениях и т. п.), в кондициях наряду, с критериями для оконтуривания рудных тел, имеющих четкие геологические границы устанавливается бортовое содержание для подсчета запасов руд в зонах околорудно-измененных вмещающих пород. Порядок его определения тот же, что и для месторождений с рудными телами, не имеющими четких геологических границ.

Минимальное содержание полезного компонента в краевой выработке. Устанавливается в тех случаях, когда наблюдается закономерное снижение содержания полезных компонентов (например, в краевых частях рудных тел), что создает возможность достоверного оконтуривания и исключения из подсчета запасов непромышленных частей рудных тел.

Расчеты минимального содержания в краевой (оконтуривающей) выработке выполняются в основном вариантным способом. При этом определяется влияние этого показателя на количество балансовых запасов. В

тех случаях, когда построение и сравнение нескольких вариантов нецелесообразно, значение минимального содержания определяется аналитически, исходя из предстоящих затрат по добыче и переработке руд.

Минимальное промышленное содержание полезного компонента — это такое содержание, при котором извлекаемая ценность минерального сырья обеспечивает возмещение эксплуатационных затрат на получение товарной продукции при нулевой рентабельности производства [44].

Минимальное промышленное содержание полезного компонента определяется аналитически на основе следующего соотношения:

$$C_{\min} = \frac{3 \cdot 100}{Ц \cdot И \cdot (1 - r)}, \quad (1.124)$$

где C_{\min} — минимальное промышленное содержание полезного компонента, % (если оно определяется в граммах на тонну или кубический метр, множитель 100 из числителя исключается);

3 — полные эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды, р;

Ц — оптовая цена товарной продукции, получаемой при переработке руд, руб;

И — сквозное извлечение полезного компонента в товарную продукцию из минерального сырья, доли единицы;

r — разубоживание при добыче, доли единицы.

По отработываемым открытым способом месторождениям руд (россыпей), характер залегания которых позволяет определить коэффициент вскрыши по каждому из подсчетных блоков (например, по неглубоко- и пологозалегающим россыпям, месторождениям твердых полезных ископаемых или по месторождениям, представленным относительно небольшими изолированными рудными телами, которые будут отработаны самостоятельными карьерами), минимальное промышленное содержание

определяется с учетом коэффициента вскрыши соответствующего подсчетного блока (рудного тела). Для этого сначала устанавливается минимальное промышленное содержание, исходя из затрат при нулевой вскрыше. Полученное значение увеличивается на содержание, компенсирующее затраты на вскрышные работы, которые определяются с учетом коэффициента вскрыши оцениваемого подсчетного блока (рудного тела, россыпи). В соответствии с этим минимальное промышленное содержание по оцениваемому блоку (рудному телу, россыпи) со вскрышей определяется по формуле

$$C_{\min} = \frac{(Z_{н.в.} + K_v Z_v) \cdot 100}{Ц \cdot И \cdot (1 - r)}, \quad (1.125)$$

где C_{\min} – минимальное промышленное содержание по оцениваемому блоку, % или г/т, г/м³;

$Z_{н.в.}$ – затраты на добычу и переработку 1 т, м³ руды (песков) при нулевой вскрыше, р;

K_v – коэффициент вскрыши по оцениваемому блоку, т/т, м³/м³, м³/т;

Z_v – затраты на 1 т или 1 м³ вскрыши, р.

Расчет минимального промышленного содержания в базовом и коммерческом вариантах оценки месторождений осуществляется по следующим формулам:

Товарная продукция – металл

а) базовый вариант

$$C_{\min} = \frac{C_d + C_o + C_{тр.к.} + C_m}{Ц_m \cdot (1 - r) \cdot \epsilon_o \cdot \epsilon_m} \cdot 100\%; \quad (1.126)$$

б) коммерческий вариант

$$C_{\min} = \frac{C_d + C_o + C_{тр.к.} + C_m + H}{Ц_m \cdot (1 - r) \cdot \epsilon_o \cdot \epsilon_m} \cdot 100\%; \quad (1.127)$$

Товарная продукция – концентрат

а) базовый вариант

$$C_{\min} = \frac{C_d + C_o}{Ц_k \cdot \epsilon_o \cdot (1 - r)} \cdot 100\%; \quad (1.128)$$

б) коммерческий вариант

$$C_{\min} = \frac{C_d + C_o + H}{Ц_k \cdot \epsilon_o \cdot (1 - r)} \cdot 100\%, \quad (1.129)$$

где C_{\min} – минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде, %;

C_d – себестоимость добычи 1 тонны руды – полные эксплуатационные затраты (р), включающие прямые, оперативные, административно-хозяйственные издержки производства и амортизацию основных средств с учетом налогов, входящих в структуру эксплуатационных затрат;

C_o – себестоимость обогащения 1 тонны руды, включая общекombинатские расходы и коммерческие расходы, р;

$C_{тр.к.}$ – затраты на транспортировку концентрата (руды);

C_m – себестоимость металлургического передела в пересчете на 1 тонну руды;

ϵ_o – извлечение металла в концентрат при обогащении, доли ед.;

ϵ_m – извлечение металла при металлургическом переделе, доли ед.;

H – налоги, платежи, отчисления, не входящие в структуру эксплуатационных затрат (плата за недра, налог на имущество и т. п.), на одну тонну добытой руды, р;

r – разубоживание, доли ед.;

$Ц_m$ – цена готового металла, р/т (без налога на добавленную стоимость);

$Ц_k$ – цена 1 тонны металла в концентрате, р.

Минимальное промышленное содержание применяется к подсчетному блоку. При небольших размерах блоков допускается применение

минимального промышленного содержания к сумме блоков с запасами не более годовой производительности карьера. Для месторождений, обрабатываемых мелкими карьерами с годовой производительностью менее 300 тыс т., допускается применение минимального промышленного содержания к группе подсчетных блоков или в целом к месторождению.

Минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке, определяемое исходя из условий окупаемости предстоящих эксплуатационных затрат.

При разработке разведочных и, особенно, эксплуатационных кондиций целесообразно устанавливать минимальное промышленное содержание в подсчетном блоке, рассчитанное на основе окупаемости предстоящих эксплуатационных затрат.

При его определении из полных эксплуатационных затрат на добычу и переработку исключаются затраты, непосредственно не связанные с разработкой оцениваемых блоков. В частности, если вовлечение в эксплуатацию таких блоков не требует увеличения объема горно-капитальных работ (ГКР), то погашение затрат на ГКР из себестоимости исключается. Погашение затрат на горно-подготовительные работы относится на себестоимость руды в меру соответствующих затрат на подготовку этих блоков. Если вовлечение их в эксплуатацию приводит к пропорциональному увеличению годовой добычи, из себестоимости добычи руды исключаются условно-постоянные расходы. В случае пропорционального увеличения общего срока эксплуатации рудника без изменения годовой добычи условно-постоянные расходы из себестоимости руды не исключаются.

Если производительность рудника увеличивается непропорционально запасам руды, то условно-постоянные расходы учитываются в следующей доле:

$$\frac{\Delta T \cdot Q}{T \cdot \Delta Q}$$

где ΔT – увеличение срока эксплуатации рудника, лет;

T – базовый срок эксплуатации рудника, лет;

ΔQ – увеличение запасов руды;

Q – базовые запасы руды.

В процессе эксплуатации рудника величина минимального промышленного содержания может неоднократно пересматриваться и корректироваться в зависимости от изменения экономических и горнотехнических факторов разработки. Основанием для установления новой, отличной от принятой постоянными разведочными кондициями величины минимального промышленного содержания, является подтверждение государственной экспертизой соответствующих технико-экономических расчетов (ТЭО эксплуатационных кондиций). При этом в качестве аналога минимального промышленного содержания может устанавливаться показатель "предельное допустимое качество запасов" в целом по эксплуатационному блоку или той его части, которая может быть отдельно добыта. Величина этого показателя рассчитывается исходя из требования к содержанию полезного компонента, при котором его извлекаемая ценность обеспечивает возмещение предстоящих эксплуатационных затрат и получение минимально необходимой прибыли ("цеховое содержание").

Требования к выделению при подсчете запасов типов и сортов полезного ископаемого.

При наличии на месторождении нескольких природных разновидностей полезного ископаемого, отличающихся по технологическим свойствам и требующих отдельной добычи и переработки (или строго дозированной шихтовки), в ТЭО кондиций определяются параметры для

раздельного подсчета их запасов в геометризованных контурах или статистически.

Бортовое содержание и другие параметры кондиций, требуемые для подсчета запасов полезных ископаемых по типам и сортам, устанавливаются по каждому типу руд.

По месторождениям нерудного сырья (глины огнеупорные и керамические, известняки и другие карбонатные породы, пески формовочные и стекольные и т. п.) требования к выделению при подсчете запасов различных промышленных сортов устанавливаются в соответствии с государственными стандартами, а при их отсутствии – на основе отраслевых стандартов или технических условий "Заказчика".

Коэффициенты для приведения содержаний полезных компонентов комплексных руд к содержанию условного компонента.

Если из руд месторождения извлекаются несколько компонентов, то для расчетов минимально-промышленного и бортового содержаний используется понятие "условный металл". Все расчеты с условным металлом основываются на соотношении стоимости отдельных компонентов.

Для приведения содержаний полезных компонентов к содержанию условного компонента используют переводные коэффициенты.

Расчетная формула для приведения содержания i -го компонента к содержанию главного (1-го) компонента в общем случае для руд, перерабатываемых до товарных металлов с включением обогатительного передела, имеет следующий вид:

$$K_{i/1} = \frac{(\Pi_i - Z_{M_i}) \cdot I_i}{(\Pi_1 - Z_{M_1}) \cdot I_1}, \quad (1.130)$$

где Π_i – цена единицы товарного металла извлекаемого из i -го компонента руды, р;

Π_1 – цена единицы товарного металла главного компонента, р;

Z_{M_i} – затраты на металлургический передел i -го компонента, включая транспортировку, р;

Z_{M_1} – затраты на металлургический передел главного компонента, включая транспортировку, р;

I_i – сквозное извлечение i -го компонента при обогащении и металлургическом переделе, доли ед.;

I_1 – сквозное извлечение главного компонента при обогащении и металлургическом переделе, доли ед.;

Коэффициенты для приведения содержаний различных сортов минерального сырья (слода, асбест) к содержанию основного условного сорта (1С) определяются исходя из соотношения их цен по формуле

$$K_{ic/1c} = \frac{\Pi_{ic}}{\Pi_{1c}}. \quad (1.131)$$

Минимальные содержания компонентов, учитываемые при приведении к содержанию условного компонента.

При расчете содержаний условного компонента с помощью переводных коэффициентов учитываются компоненты при их содержании не ниже предела, определяющего возможность извлечения из руд данного компонента. На практике в качестве такого предела принимается содержание компонента, связанного с не извлекаемыми в промышленных условиях по принятой ТЭО кондиций рациональной технологии обогащения (переработки) минеральными образованиями. Эти предельные содержания устанавливаются в кондициях в качестве минимальных содержаний полезных компонентов, учитываемых при приведении к содержанию условного компонента. Полезные компоненты при содержаниях в подсчетном блоке (пробе, выработке) ниже минимальных не должны учитываться при расчетах содержания условного компонента.

Максимально допустимые содержания вредных примесей в подсчетном блоке, по выработке или пробе.

По полезным ископаемым, используемым без обогащения, максимальные содержания вредных примесей устанавливаются в соответствии с требованиями государственных стандартов, технических условий и других требований потребителей. Эти требования применяются к рядовой пробе или интервалу разведочной выработки, соответствующему высоте рабочего уступа карьера.

В тех случаях, когда в ТЭО кондиций обоснована экономическая целесообразность применения эффективных мероприятий по усреднению добываемого минерального сырья с получением товарной продукции, удовлетворяющей государственным стандартам (требованиям потребителя), кондициями, допускается включение в подсчет запасов интервалов, соответствующих высоте рабочего уступа (или длине рядовых проб) с несколько повышенными содержаниями вредных компонентов, однако при условии, что среднее их содержание в целом по эксплуатационному горизонту (уступу) или подсчетному блоку не превышает нормативных лимитов.

Минимальная мощность тел полезных ископаемых – это наименьшая мощность, которая должна учитываться при подсчете балансовых запасов.

Минимальная мощность тел полезных ископаемых, включаемых в контуры подсчета запасов, устанавливается исходя из применения оптимальных для данного месторождения способа и систем разработки, обеспечивающих экономически целесообразную полноту извлечения из недр запасов полезных ископаемых.

При ее горнотехническом обосновании должны учитываться:

– условия залегания тел полезных ископаемых (крутое, пологое, горизонтальное), их морфология и размеры, а также сложность внутреннего

строения и степень изменчивости по простиранию и падению, в значительной мере определяющие выбор системы разработки месторождения, ширину очистного пространства, возможность отработки отдельных тел полезных ископаемых и т. д.;

– крепость и устойчивость руд (полезного ископаемого), а также вмещающих пород, определяющих возможность применения тех или иных систем разработки и выбор оборудования для механизации добычи.

Оконтуривание маломощных рудных тел с повышенным содержанием полезных компонентов производится по метропроценту (метрограмму), исходя из установленных кондициями минимальной мощности тела полезного ископаемого и бортового содержания, а при геологических границах рудного тела – минимального содержания на краевую выработку.

Для оконтуривания рудных тел с учетом метропроцента используется формула:

$$C_{\phi}M_{\phi} \geq C_{\phi}M_{\phi}, \quad (1.132)$$

где C_{ϕ} и C_{ϕ} – фактическое и бортовое (или минимальное по пересечению) содержание полезного компонента, %

M_{ϕ} и M_{ϕ} – фактическая и минимальная (по кондициям) мощность рудного тела, м.

При наличии извлекаемых содержаний полезных компонентов во вмещающих породах целесообразно пользоваться следующим выражением для расчета метропроцента:

$$C_{\phi}M_{\phi} + C_{\phi}(M_{\phi} - M_{\phi}) \geq C_{\phi}M_{\phi}, \quad (1.133)$$

где C_{ϕ} – содержание полезного компонента во вмещающих породах.

Максимальная допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных полезных ископаемых, включаемых в подсчет запасов зависит от горно-геологических условий месторождения, определяющих системы разработки и применяемое оборудование, от технологии

переработки и требований потребителей к минеральному сырью или продуктам его переработки.

По месторождениям полезных ископаемых, используемых потребителем без обогащения, максимальную мощность прослоев некондиционных пород устанавливают, исходя из условий соблюдения (при включении этих пород в добычу) требований потребителя к качеству добываемого минерального сырья. В этих целях производятся расчеты качества добываемого сырья при различном соотношении мощностей полезных ископаемых и некондиционных прослоев (а при необходимости – технологические испытания) и на их основе устанавливается предельная мощность прослоя, при которой еще возможно получение товарной продукции требуемого качества. Ее величина и регламентируется условиями в качестве параметра максимально допустимой мощности прослоев пустых пород и некондиционных полезных ископаемых.

По месторождениям полезных ископаемых, используемых после их обогащения, для обоснования данного параметра условий производится подсчет запасов при различных мощностях прослоев по каждому из оцениваемых вариантов бортового содержания и оценивается влияние прослоев на размеры и форму рудных тел. Варианты подсчета запасов устанавливаются с учетом статистической оценки распределения мощностей прослоев по представительным для оцениваемого участка телам или подсчетным блокам. Для каждого из вариантов обосновываются наиболее рациональные системы разработки и технологии обогащения (передела) добываемых руд. Выбор оптимального варианта условий осуществляется на основе сопоставительных технико-экономических расчетов. В повариантных расчетах учитывается общий возможный экономический эффект от извлечения основных и попутных полезных компонентов, включая нерудные составляющие (строительный щебень и песок из отходов

обогащения железных руд, кварц-полевошпатовый продукт, слюдяной и кварцевый концентраты из руд редкометалльных месторождений и т. п.).

Минимальные геологические запасы изолированных тел (участков) полезных ископаемых.

При наличии на месторождениях, подлежащих подземной разработке, изолированных рудных тел (участков), отстоящих на значительном расстоянии от основных рудных тел и требующих проходки дополнительных вскрывающих выработок, в условиях регламентируются условия для отнесения запасов таких рудных тел (участков) к балансовым.

При определении целесообразности промышленного освоения (безубыточной добычи) изолированных рудных тел (участков) применяется формула

$$Q_{\text{мин}} = \frac{Z_{\text{доп}} \cdot (1 - r)}{(C_{\text{и}} - Z_{\text{п}})(1 - n)}, \quad (1.134)$$

где $Q_{\text{мин}}$ – минимальные геологические запасы рудного тела (участка) при заданных расстояниях их от основных рудных тел месторождения и содержаниях полезных компонентов в рудах;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительные затраты, связанные с вскрытием и отработкой рудного тела, участка, р;

$C_{\text{и}}$ – извлекаемая ценность всех полезных компонентов в расчете на 1 т добытой руды, р;

$Z_{\text{п}}$ – эксплуатационные расходы на добычу и переработку до конечной товарной продукции 1 т руды оцениваемых (изолированных) рудных тел без учета $Z_{\text{доп}}$, р;

n и r – эксплуатационные потери и разубоживание руды, доли ед.

В каждом конкретном случае с учетом фактических содержаний полезных компонентов в рудном теле определяются варианты расстояний от изолированных рудных тел до основных вскрывающих выработок.

Коэффициент рудоносности применяется при статистическом методе подсчета запасов полезных ископаемых при крайне неравномерном распределении полезного компонента и невозможности определить в процессе разведки достоверные контуры рудных тел [44].

Коэффициент рудоносности определяется преимущественно линейным способом в пределах рудовмещающих подсчетных контуров, по подсчетным блокам, в разведочных выработках по отношению интервалов с кондиционным содержанием к общей длине всех выработок, пройденных в рудовмещающем контуре. При наличии эксплуатационных работ учитываются фактические площадные или объемные коэффициенты рудоносности.

При подсчете запасов с коэффициентом рудоносности обосновываются условия (или параметры кондиций) для установления внешних границ рудовмещающих залежей (тел).

Введение коэффициента рудоносности предполагает селективную выемку рудных тел после их доразведки и оконтуривания эксплуатационно-разведочными выработками. Поэтому минимальные размеры рудных интервалов, включаемых в расчет коэффициента рудоносности, определяются исходя из возможности и экономической целесообразности их селективной выемки при оптимальной системе разработки данного месторождения.

В ряде случаев (например, при неравномерной рудонасыщенности отдельных частей – подсчетных блоков месторождения) в кондициях устанавливается минимально допустимый коэффициент рудоносности для подсчетных блоков. В связи с отсутствием прямой зависимости между величиной коэффициента рудоносности и дополнительными затратами, требуемыми при селективной отработке руд, минимально допустимый коэффициент рудоносности в каждом конкретном случае определяется на

основе технико-экономических расчетов, исходя из геологических особенностей месторождения (степени прерывистости оруденения, анизотропии формы, визуальной контрастности и т. п.), горно-геологических условий его разработки, соответствующих расчетных потерь и разубоживания руд и ценности минерального сырья с учетом дополнительных затрат, необходимых для уточнения границ распространения кондиционных руд при эксплуатационной разведке и селективной их выемке.

Целесообразность включения в подсчет запасов блоков с содержанием полезного компонента, превышающим минимальное промышленное, при коэффициенте рудоносности менее предельно допустимого, устанавливается на основе прямых расчетов путем сопоставления эксплуатационных затрат на добычу таких блоков с извлекаемой стоимостью конечной товарной продукции из руд. Запасы относятся к балансовым при условии безубыточной добычи таких руд при соблюдении требований о нормативной (принятой) рентабельности производства конечной товарной продукции в целом по месторождению.

Коэффициент вскрыши и максимальная глубина подсчета запасов.

Предельно допустимый коэффициент вскрыши устанавливается в кондициях в тех случаях, когда он может быть применен при подсчете балансовых запасов к отдельным подсчетным блокам или пересечениям полезного ископаемого разведочной выработкой. Например, по россыпным месторождениям золота, олова и др., имеющим близкое к горизонтальному залегание и ограниченную мощность вскрышных пород, по которым возможно с небольшой погрешностью определить коэффициент вскрыши, относящийся к каждому подсчетному блоку.

Максимальная глубина подсчета запасов для условий подземной разработки определяется на основе прямых технико-экономических расчетов

с учетом стоимости полезного ископаемого и издержек производства, исходя из условий безубыточной добычи запасов, приращиваемых на глубоких горизонтах.

Требования к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов.

Требования к подсчету запасов как основных, так и попутных полезных ископаемых и компонентов устанавливаются по комплексным месторождениям на основании совокупности геолого-технологических исследований и технико-экономических расчетов.

В кондициях определяется перечень попутных полезных ископаемых и компонентов (раздельно для каждого технологического типа руд), подсчитываемых наряду с основными полезными ископаемыми и компонентами.

По всем попутным полезным ископаемым, имеющим промышленное значение, устанавливаются параметры кондиций по качеству минерального сырья (бортовое содержание, минимальное промышленное содержание полезных компонентов, требования к выделению природных разновидностей, промышленных типов и сортов и т. п.) и горнотехническим условиям (минимальная мощность полезного ископаемого и т. п.).

При расчетах минимального промышленного содержания компонента для попутно добываемых полезных ископаемых эксплуатационные затраты по их добыче принимаются в той части, которая учитывается при определении себестоимости конечной товарной продукции из оцениваемых попутных полезных ископаемых.

Для подсчета запасов попутных компонентов минимальное промышленное содержание в подсчетном блоке и другие параметры кондиций устанавливаются при условии [44]:

– неравномерного распределения полезного компонента в рудах месторождения и наличия участков (подсчетных блоков) с повышенными концентрациями, по которым могут быть подсчитаны с достаточной достоверностью запасы, подготовленные к промышленному освоению по степени разведанности;

– технологической возможности и экономической целесообразности добычи руд с повышенными концентрациями попутных компонентов, их раздельного обогащения и раздельной переработки концентратов для получения конечной товарной продукции.

Минимальное промышленное содержание попутного компонента при соблюдении этих условий определяется в установленном порядке, исходя из прямых затрат, связанных с получением конечной товарной продукции по оцениваемому компоненту. Таким способом, например, рассчитывается минимальное промышленное содержание германия по некоторым железорудным месторождениям.

Когда селективная выемка руд или раздельное обогащение и переработка концентратов с повышенными содержаниями попутных компонентов невозможны или экономически нецелесообразны, параметры кондиций по предельным содержаниям попутных компонентов не устанавливаются. Целесообразность подсчета балансовых запасов таких попутных компонентов при их фактических содержаниях в недрах устанавливается на основе технико-экономической оценки эффективности их извлечения, исходя из средних содержаний в добываемой руде в целом по месторождению (участку) и с учетом опыта предприятий по комплексной переработке аналогичного минерального сырья. Так, в частности, в кондициях определяется перечень содержащихся в рудах цветных металлов рассеянных элементов, по которым следует подсчитывать балансовые запасы.

Требования к подсчету забалансовых запасов.

К забалансовым запасам (потенциально-экономическим) относятся запасы, извлечение которых на момент оценки, согласно технико-экономическим расчетам, экономически нецелесообразно вследствие низкого содержания полезного компонента, малой мощности тел полезного ископаемого или особой сложности условий их добычи или переработки, но использование которых в ближайшем будущем может стать экономически эффективным в результате повышения цен на минерально-сырьевые ресурсы или при техническом прогрессе, обеспечивающем снижение издержек производства. Кондиции для их подсчета устанавливаются, если доказана и подтверждена соответствующими технико-экономическими расчетами возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутной добычи, складирования и сохранения для использования в будущем. При этом учитывается возможное удорожание отработки балансовых запасов, связанное с сохранением забалансовых запасов.

В связи с низкими содержаниями полезных компонентов к забалансовым относятся запасы [44]:

- с содержанием полезного компонента ниже минимального промышленного в подсчетном блоке или ниже содержания в краевой выработке, но выше бортового;
- находящиеся за пределами экономически обоснованных контуров открытой разработки месторождения и нерентабельные для освоения подземным способом;
- с содержанием полезного компонента в рудах ниже бортового, установленного для балансовых запасов.

В первых двух случаях специальных лимитов для забалансовых запасов не устанавливается и их подсчет производится по бортовому

содержанию и при минимальной мощности рудного тела и максимальной мощности прослоев пустых пород и некондиционных руд, определяемых для подсчета балансовых запасов. В последнем случае проводится специальное обоснование целесообразности учета забалансовых запасов и установления для них особого бортового содержания. Учет забалансовых запасов подобных руд целесообразен лишь по дефицитным видам минерального сырья на месторождениях, где эти запасы могут послужить базой для продления срока существования действующего или проектируемого рудника, или увеличения производственных его мощностей. Основным критерием для определения уровня бортового содержания таких запасов служит их технологичность, т. е. возможность получения из них товарной продукции. В качестве бортового содержания для таких руд устанавливается содержание, приближающееся к содержаниям в хвостах обогащения или прямого металлургического (химического) передела руд, но не ниже.

Горнотехнические параметры кондиций для забалансовых запасов бедных руд устанавливаются по аналогии с балансовыми запасами.

Забалансовые запасы руд, для которых отсутствуют экономически эффективные технологические схемы обогащения и переработки, и запасы месторождений с особо сложными условиями эксплуатации учитываются только по дефицитным видам минерального сырья. Их подсчет целесообразен при значительных количествах запасов, достаточных для создания нового горнодобывающего предприятия или цеха для переработки таких руд при условии попутной добычи. Параметры кондиций для подсчета их запасов (бортовое содержание, минимальная мощность рудных тел и др.) принимаются с использованием данных месторождений-аналогов соответствующего полезного ископаемого, близких по масштабам запасов и расположенных в сходных экономико-географических условиях.

Кондиции для подсчета забалансовых запасов общераспространенных видов полезных ископаемых не устанавливаются.

**2. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ
ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**2.1. Оценка прогнозных ресурсов золота
по результатам поисковых работ**

Исходные данные.

При проведении поисковых работ в пределах трех щелочных массивов, различающихся по уровню эрозионного среза, в гидротермально измененных микроклинизированных и серицитизированных сиенитах обнаружено прожилково-вкрапленное оруденение, представленное пиритом, халькопиритом, галенитом, золотом [20, 71]. Содержание сульфидов в золотопорфировых рудах составляет 10-15 %. На участках работ были поставлены шлиховые поиски масштаба 1:5 000, в результате которых в элювиальных отложениях мощностью 1-2 метра над рудными штокверками в измененных сиенитах установлены шлиховые ореолы золота. Результаты шлихового опробования участков работ приведены в табл. 35–37.

Работы выполняются по вариантам. Используются данные мелкообъемного ($V=3 \text{ дм}^3$) шлихового опробования по профилям, ориентированным в широтном направлении: 1-10 (варианты 1, 8, 15); 2-11 (варианты 2, 9, 16); 3-12 (варианты 3, 10, 17); 4-13 (варианты 4, 11, 18); 5-14 (варианты 5, 12, 19), 6-15 (варианты 6, 13, 20), 7-16 (варианты 7, 14, 21).

В работе требуется:

а) определить прогнозные ресурсы золота по категории P_2 , применяя методику, предложенную А.П.Соловьевым [65];

б) оценить возможное промышленное значение потенциального месторождения, сделать вывод о целесообразности проведения на площади шлихового ореола оценочных работ.

Таблица 35
Результаты шлихового опробования участка 1 (варианты 1-7)

Линии	Номера шлиховых проб / содержание Au, мг/м ³									
1	1/0	2/0	3/0	4/8	5/172	6/20	7/0	8/0	9/0	10/0
2	11/0	12/0	13/0	14/38	15/248	16/81	17/0	18/0	19/0	20/0
3	21/0	22/0	23/45	24/74	25/334	26/267	27/25	28/0	29/0	30/0
4	31/0	32/0	33/94	34/177	35/260	36/135	37/37	38/32	39/0	40/0
5	41/0	42/20	43/51	44/91	45/208	46/104	47/94	48/34	49/0	50/0
6	51/20	52/26	53/34	54/43	55/1111	56/355	57/144	58/61	59/25	60/0
7	61/21	62/39	63/64	64/86	65/280	66/82	67/64	68/37	69/18	70/10
8	71/30	72/54	73/356	74/528	75/1245	76/233	77/45	78/38	79/23	80/27
9	81/35	82/73	83/164	84/338	85/285	86/186	87/79	88/50	89/30	90/40
10	91/0	92/34	93/300	94/2010	95/950	96/377	97/218	98/93	99/26	100/0
11	101/0	102/16	103/82	104/274	105/391	106/118	107/95	108/42	109/21	110/0
12	111/0	112/0	113/43	114/251	115/218	116/78	117/34	118/25	119/0	120/0
13	121/0	122/0	123/118	124/124	125/156	126/58	127/46	128/22	129/0	130/0
14	131/0	132/0	133/34	134/76	135/94	136/35	137/28	138/0	139/0	140/0
15	141/0	142/0	143/0	144/23	145/65	146/84	147/24	148/0	149/0	150/0
16	151/0	152/0	153/0	154/0	155/28	156/41	157/0	158/0	159/0	160/0

Таблица 36
Результаты шлихового опробования участка 2 (варианты 8-14)

Линии	Номера шлиховых проб / содержание Au, мг/м ³									
1	1/0	2/0	3/0	4/17	5/14	6/10	7/10	8/0	9/0	10/0
2	11/0	12/0	13/0	14/17	15/35	16/24	17/10	18/0	19/0	20/0
3	21/0	22/0	23/13	24/42	25/38	26/31	27/22	28/6	29/0	30/0
4	31/0	32/6	33/17	34/64	35/85	36/47	37/35	38/14	39/0	40/0
5	41/0	42/21	43/56	44/118	45/93	46/75	47/54	48/26	49/11	50/0
6	51/0	52/28	53/74	54/136	55/194	56/97	57/73	58/42	59/14	60/0
7	61/15	62/43	63/62	64/84	65/146	66/68	67/37	68/19	69/16	70/10
8	71/12	72/27	73/81	74/105	75/87	76/52	77/41	78/35	79/11	80/13
9	81/19	82/43	83/68	84/133	85/164	86/22	87/61	88/49	89/25	90/16
10	91/0	92/32	93/87	94/118	95/228	96/144	97/83	98/64	99/18	100/0
11	101/0	102/0	103/21	104/174	105/143	106/87	107/42	108/34	109/13	110/0
12	111/0	112/0	113/14	114/79	115/92	116/107	117/59	118/23	119/0	120/0
13	121/0	122/0	123/25	124/69	125/58	126/44	127/31	128/10	129/0	130/0
14	131/0	132/0	133/32	134/50	135/42	136/21	137/14	138/0	139/0	140/0
15	141/0	142/2	143/0	144/18	145/54	146/37	147/0	148/0	149/0	150/0
16	151/0	152/0	153/0	154/0	155/18	156/11	157/0	158/0	159/0	160/0

Таблица 37
Результаты шлихового опробования участка 3 (варианты 15-21)

Линии	Номера шлиховых проб / содержание Au, мг/м ³									
1	1/0	2/0	3/0	4/0	5/22	6/13	7/6	8/0	9/0	10/0
2	11/0	12/0	13/8	14/13	15/36	16/23	17/11	18/1	19/0	20/0
3	21/0	22/0	23/8	24/42	25/28	26/18	27/13	28/5	29/0	30/0
4	31/0	32/14	33/19	34/27	35/35	36/46	37/21	38/13	39/8	40/0
5	41/0	42/19	43/23	44/37	45/28	46/39	47/19	48/17	49/11	50/0
6	51/12	52/15	53/44	54/69	55/87	56/51	57/32	58/26	59/14	60/8
7	61/4	62/8	63/81	64/204	65/54	66/42	67/29	68/19	69/13	70/5
8	71/15	72/26	73/42	74/69	75/93	76/38	77/18	78/13	79/9	80/6
9	81/13	82/22	83/31	84/43	85/51	86/27	87/14	88/11	89/5	90/0
10	91/19	92/43	93/84	94/67	95/92	96/48	97/21	98/17	99/12	100/0
11	101/0	102/8	103/34	104/53	105/147	106/72	107/41	108/19	109/0	110/0
12	111/0	112/0	113/8	114/19	115/54	116/65	117/27	118/8	119/0	120/0
13	121/0	122/0	123/0	124/12	125/38	126/24	127/17	128/0	129/0	130/0
14	131/0	132/0	133/0	134/0	135/13	136/19	137/14	138/0	139/0	140/0
15	141/0	142/0	143/0	144/0	145/8	146/12	147/10	148/0	149/0	150/0
16	151/0	152/0	153/0	154/0	155/0	156/8	157/5	158/0	159/0	160/0

Последовательность выполнения работы:

1. Построить на плане шлиховой ореол золота в изолиниях. С этой целью выборка, представленная содержаниями золота (в мг/м³) в шлиховых пробах, разбивается на ряд интервалов. Для выбора интервала (h) пользуются формулой Стерджесса

$$h = \frac{C_{\max} - C_{\min}}{1 + 3,2 \cdot \lg N}, \quad (2.1)$$

где C_{\max} и C_{\min} - соответственно максимальное и минимальное содержание золота в шлиховых пробах; N - количество шлиховых проб. Затем, выбрав значения изолиний и руководствуясь правилами интерполяции и экстраполяции, отстраивают шлиховой ореол золота на плане и характеризуют особенности его строения. Внешнюю границу ореола проводят по минимальному содержанию золота в шлиховых пробах.

2. Определить площадь шлихового ореола (S_0) на участке работ с помощью палетки и среднее содержание золота (\bar{C}_0) в ореоле по формуле

$$\bar{C}_0 = \sum_{i=1}^N C_i / N, \quad (2.2)$$

где C_r - содержание золота в шлиховых пробах в контуре ореола, мг/м³.

3. Рассчитать показатель продуктивности ореола по формуле

$$q = S_0 \cdot \bar{C}_0 \cdot 10^{-9}, \text{ т/м.} \quad (2.3)$$

4. Установить геохимические ресурсы золота в коренном оруденении согласно формуле:

$$Q = (q \cdot H) / K, \text{ т,} \quad (2.4)$$

где H - ожидаемая глубина развития оруденения. С учетом опыта разведки и эксплуатации штокверковых месторождений золота принимаем $H=100$ м.

K - коэффициент остаточной продуктивности, характеризующий пропорциональную зависимость между содержанием золота в шлиховом ореоле и коренном оруденении. Коэффициент K определялся по данным шлихового и бороздового опробования нескольких поисковых каналов, как отношение линейных продуктивностей шлихового ореола (M_0) и коренного оруденения (M_p):

$$K = M_0 / M_p. \quad (2.5)$$

Для вариантов 1-7 $K=0,15$; 8-14 $K=0,10$; 15-21 $K=0,05$.

5. Оценить возможное промышленное значение предполагаемого месторождения по величине геохимических ресурсов золота - мелкое (<25т), среднее (25-100 т), крупное (>100 т).

6. Определить прогнозные ресурсы золота категории P_2 по формуле

$$P = Q \cdot \alpha, \text{ т,} \quad (2.6)$$

где α - поправочный коэффициент, учитывающий определенную долю забалансовых руд. В общем случае α зависит от масштаба прогнозируемого оруденения. Для крупных месторождений $\alpha=0,8-0,9$, для средних месторождений $\alpha=0,6-0,7$, для мелких месторождений $\alpha=0,3-0,5$.

7. Рассчитать валовую потенциальную стоимость ресурсов золота (C_B) по формуле [1]

$$C_B = P \cdot \Pi_{Au}, \quad (2.7)$$

$$C_B = P \cdot C_{Au} \cdot \frac{1000}{1000} \quad (2.7)$$

где C_{Au} – цена 1 г. золота ($C_{Au} = 250$ р/г).

Построение шлихового ореола золота выполняется на листе миллиметровки формата А4. Затраты времени на выполнение работы – 2 аудиторных часа.

2.2. Оценка медноколчеданного месторождения по результатам оценочных работ

Исходные данные.

При проведении оценочных работ скважинами колонкового бурения в сочетании с электроразведочными работами по методу заряда среди гидротермально измененных хлоритизированных, серицитизированных и окварцованных вулканогенно-осадочных пород выявлена и изучена медноколчеданная залежь. По минеральному составу руды представлены пиритом, халькопиритом и сфалеритом. Месторождение находится на Среднем Урале в экономически благоприятных условиях. Вмещающие породы обладают достаточно высокой крепостью (коэффициент крепости по М. М. Протодяконову $f=12$). Параметры выявленного месторождения приведены в таблице 38. Объемная масса руды для всех вариантов равна

$3,2 \text{ т/м}^3$. Извлечение полезных компонентов в концентрат составляет: медь-0,85; цинк-0,82; сера-0,68. Потери и разубоживание приняты в значениях, применявшихся при разработке аналогичных по горно-геологическим и инженерно-геологическим условиям месторождений

($n=10\%$, $r=15\%$). Цены 1 т полезного компонента в концентрате характеризуются следующими цифрами (р): медь-7000 ($\beta=25\%$), цинк-6000 ($\beta=40\%$), сера-400 ($\beta=55\%$), где β – содержание элементов в концентрате.

Требуется провести комплексную геолого-экономическую оценку

1. Используя данные табл. 38 по конкретному варианту, необходимо построить схематический геологический разрез и проекцию рудного тела в плоскости падения в масштабе 1:10000.

Таблица 38

Параметры медноколчеданного месторождения по результатам оценочных работ

Варианты	Интервалы глубины залегания по вертикали, м		Угол падения, градус	Длина по простиранию, м	Средняя мощность, м \bar{M}	Содержание в руде полезных компонентов %		
	верх	низ				Cu	Zn	S
1	25	325	45	450	16	0,8	1,3	29
2	50	350	50	450	17	1,1	1,3	28
3	75	375	55	450	18	1,0	1,2	27
4	100	400	60	400	19	1,1	1,2	26
5	125	425	65	400	20	1,1	1,1	25
6	150	450	70	400	21	1,2	1,1	24
7	175	475	75	350	22	0,8	1,2	23
8	200	500	80	350	23	0,8	0,9	22
9	225	525	85	350	24	1,0	1,0	21
10	250	550	90	300	25	0,8	0,8	20
11	275	575	45	500	16	0,8	0,9	29
12	300	600	50	500	17	1,0	1,7	28
13	325	625	55	500	18	1,1	1,5	27
14	350	650	60	450	19	1,0	1,7	26
15	375	675	65	450	20	1,1	1,4	25
16	400	700	70	400	21	1,3	1,7	24
17	425	725	75	400	22	1,1	1,6	23
18	450	750	80	350	23	0,9	1,5	22
19	475	775	85	350	24	1,2	1,4	21
20	500	800	90	300	25	0,9	0,9	20

Содержание золота во всех вариантах принято 1 г/т, что эквивалентно 0,4 % меди.

2. На проекции рудного тела в плоскости падения выделить контуры запасов категории C_2 и прогнозных ресурсов категории P_1 . Подсчитать запасы и ресурсы руды и полезных компонентов в выделенных контурах и суммарные способом геологических блоков по приведенным формулам:

$$V = S \cdot \bar{M}; \quad (2.8)$$

$$Q = V \cdot d; \quad - \text{руда} \quad (2.9)$$

$$P = Q \cdot \bar{C} \cdot 10^{-2}; \quad - \text{металл} \quad (2.10)$$

$$P = Q \cdot \bar{C} \cdot 10^{-6}, \quad \mu \quad (2.11)$$

где S – площадь рудного тела на проекции в плоскости падения, м^2 .

\bar{M} – средняя мощность колчеданной линзы, м ;

V – объем подсчетного блока, м^3 ;

d – объемная масса руды, $\text{т}/\text{м}^3$;

Q – запасы руды, млн т;

\bar{C} – среднее содержание полезных компонентов в руде, % или г/т;

P – запасы и ресурсы меди, цинка, серы (млн т), золота (т).

3. Определить проектную величину эксплуатационных запасов по формуле (1.14)

$$Q_0 = \frac{Q \cdot (1-n)}{1-r}, \quad \frac{(1-0,1)}{1-0,15} =$$

где n и r – потери и разубоживание.

4. Рассчитать для цинка и серы коэффициенты перевода ($K_{пр}$) в условную медь, пользуясь формулой (1.3): Zn, S

$$K = \frac{Ц_{пн} \cdot I_{пн}}{Ц_0 \cdot I_0} = \frac{6000 \cdot 0,82}{3000 \cdot 0,85} =$$

где $Ц_0$ и $Ц_{пн}$ – цена 1 т основного (медь) и попутного компонентов в концентрате;

I_0 и $I_{пн}$ – соответственно, их коэффициенты извлечения в концентрат.

5. Определить среднее содержание условной меди в руде

$$C_y = \bar{C}_{Cu} \cdot 1 + \bar{C}_{Zn} \cdot K^{Zn} + \bar{C}_S \cdot K^S + 0,4\% \quad (2.12)$$

6. Рассчитать проектное содержание условной меди в добытой руде по формуле

$$\bar{C}_d = \bar{C}_y \cdot (1-r), \quad (2.13)$$

где r – разубоживание руды ($r=0,15$).

7. Определить возможный срок эксплуатации месторождения (T_3) по таблице 22 путем интерполяции эксплуатационных запасов руды и сроков работы рудника. $CP \ 58$

8. Вычислить годовую производительность горнодобывающего предприятия по руде по формуле (1.13)

$$A_p = \frac{Q_0}{T_3}, \quad \text{млн т.}$$

9. Рассчитать срок строительства горнодобывающего предприятия (T_c), который зависит от величины годовой производительности предприятия по руде: для $A_p < 0,5$ млн т $T_c = 1$ год, для $A_p = 0,5-3,0$ млн т $T_c = 2$ годам, для $A_p > 3$ млн т $T_c = 3$ годам.

10. Определить годовой выпуск товарной продукции по формуле

$$P_k = A_p \cdot \bar{C}_d \cdot I_k, \quad \text{млн т, } *0,01 \quad (2.14)$$

где I_k – коэффициент извлечения меди в концентрат.

11. Вычислить среднегодовую стоимость продукции (выручку за год) по формуле

$$C_r = Ц \cdot P_k \quad (2.15)$$

где $Ц$ – цена 1 т меди в концентрате, р.

12. Определить годовые эксплуатационные затраты на добычу и обогащение руды

$$Z_r = A_p (C_d + C_0), \quad (2.16)$$

где C_d , C_0 – себестоимость добычи и обогащения 1 т руды, которые устанавливаются по аналогии с действующими горнодобывающими предприятиями ($C_d = 60$ р/т, $C_0 = 50$ р/т).

13. Рассчитать годовой доход от разработки месторождения, который при укрупненных расчетах принимается постоянным за все время эксплуатации, формула (1.57): $\underline{D}_r = C_r - Z_r$.

14. Вычислить годовой доход (D_r') с учетом амортизационных отчислений (A_0) по формуле (1.58)

$$D_r' = D_r + A_0$$

Для медноколчеданного месторождения амортизационные отчисления составляют согласно нормам амортизации 15 % стоимости основных производственных фондов ($K_0 = 200$ млн р).

15. Установить величину общих инвестиций (I_0) в освоение месторождения по формуле (1.40)

$$I_0 = K_0 + O_0,$$

где O_0 – оборотные средства, принимаемые в размере 25 % годовых эксплуатационных затрат (Z_r).

16. Определить чистый дисконтированный доход как разницу между величинами приведенных доходов и капитальных вложений по формуле (1.59)

$$\text{ЧДД} = D_r' \frac{(1+E)^{T_0} - 1}{(1+E)^{T_0} \cdot E \cdot (1+E)^{T_c}} - K_r \cdot \frac{(1+E)^{T_c} - 1}{(1+E)^{T_c} \cdot E},$$

где E – норма дисконтирования прибыли, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал. Для медноколчеданного месторождения $E = 10\%$.

T_0 – время эксплуатации месторождения;

T_c – время строительства горнодобывающего предприятия;

K_r – среднегодовая величина инвестиций, устанавливается по формуле

$$K_r = \frac{I_0}{T_c}. \quad (2.17)$$

17. Рассчитать индекс доходности как отношение суммы приведенных доходов к величине приведенных капитальных вложений по формуле (1.62)

$$\text{ИД} = \frac{\left(D_r' \cdot \frac{(1+E)^{T_0} - 1}{(1+E)^{T_0} \cdot E \cdot (1+E)^{T_c}} \right)}{\left(K_r \cdot \frac{(1+E)^{T_c} - 1}{(1+E)^{T_c} \cdot E} \right)}$$

для рентабельных предприятий $\text{ИД} > 1$.

Для определения дисконтированного дохода и индекса доходности можно воспользоваться коэффициентами дисконтирования и коэффициентами ежегодной ренты, величина которых для различных процентных ставок дисконта и продолжительности периода дисконтирования приведена в табл. 28, 29.

18. Вычислить срок окупаемости капитальных вложений (T_0) – временной интервал с начала разработки месторождения, за который приведенные доходы равны приведенным капитальным вложениям. Он определяется по формуле (1.65)

$$T_0 = \frac{\log \left[1 - \frac{K_r}{D_r'} \left[(1+E)^{T_c} - 1 \right] \right]}{\log(1+E)}.$$

При вычислении срока окупаемости логарифмирование производится по любому основанию, с применением десятичных или натуральных логарифмов.

19. Определить внутреннюю норму доходности ($E_{\text{вн}}$) как норму дисконта ($E_{\text{вн}}$), при которой величина приведенных доходов равна величине приведенных капитальных вложений.

Для рентабельных предприятий $E_{\text{вн}} > E$.

Внутренняя норма доходности устанавливается методом итераций по формуле (1.68) или графическим способом по величине дисконтированного дохода для нескольких значений учетной ставки (не менее 3).

Интерполируя график до значения ЧДД=0, определяем величину ставки, равную ВНД (рис. 4).

По результатам геолого-экономической оценки на стадии оценочных работ принимается обоснованное решение о целесообразности представления изученного месторождения на лицензирование с правами проведения разведки и эксплуатации или отнесении его в резерв.

Геологический разрез, проекция рудного тела в плоскости падения, график определения ВНД представляются на листе миллиметровки формата А3.

Время выполнения работы – 4 аудиторных часа.

2.3. Оценка молибденпорфирового месторождения по результатам разведки

Исходные данные.

Объектом оценки является штокверковое месторождение молибденовых руд, расположенное в штоке гидротермально измененных калишпатизированных, серицитизированных и окварцованных гранит-порфиров, содержащих прожилки и вкрапленность молибденита. По геологическому строению месторождение относится ко 2-й группе сложности. В процессе разведки молибденпорфировых руд были пройдены пять параллельных линий буровых скважин, ориентированных в северо-западном направлении. По результатам разведочных работ на геологическом плане и разрезах по линиям (рис. 5, 6) выделены и оконтурены запасы категорий В, С₁ и С₂ с детальностью, достаточной для месторождений молибдена штокверкового типа.

Для оконтурирования балансовых запасов использовались следующие параметры кондиций:

1. Бортовое содержание молибдена в рудах (С_б)- 0,03 %;
2. Минимальное промышленное содержание молибдена в блоке (С_{мл})- 0,1 %;
3. Минимальная мощность рудного тела (М_р)- 2 м;
4. Максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд (М_{нп}), включаемая в подсчетный контур – 4 м;
5. Минимальный коэффициент рудоносности - (К_р) в подсчетном блоке - 0,5.

По керну скважин колонкового бурения в пределах рудного штокверка произведено непрерывное химическое опробование с интервалом 2 м. Основные параметры молибденового штокверка по вариантам заданий приведены в таблице 39. Вмещающие штокверковое молибденное оруденение серицит-кварцевые метасоматиты относятся к крепким породам (коэффициент крепости по Протодяконову $f=10$). Перекрывающие их глинистые сланцы средней крепости ($f=5$).

При расчетах во всех вариантах оценки используются следующие данные:

1. Объемная масса руды (d_p)- 2,7 т/м³, вскрышных пород (d_b)- 2,5 т/м³;
2. Показатели потерь (n) и разубоживания (r) для открытой добычи руды равны 5 % и 10 %, для подземной разработки- 10 % и 15 %.
3. Коэффициенты извлечения молибдена и рения в концентрат при обогащении (I_k)-0,81 и 0,70;
4. Себестоимость добычи 1 т руды при подземном (С_п) и открытом (С_о) способах разработки составляют 180 и 80 р/т;
5. Себестоимость 1 т вскрышных пород (С_в)- 20 р/т;
6. Себестоимость обогащения 1 т руды (С_{об})- 130 р/т;

7. Цена 1 т добытой руды – 700 р, 1 т молибденового концентрата (Π_{Mo}) – 70 000 р, 1 кг рениевого концентрата (Π_{Re}) – 20 000 р.

Необходимо провести комплексную геолого-экономическую оценку месторождения, определить эффективность его освоения в коммерческом варианте (с учетом основных налогов).

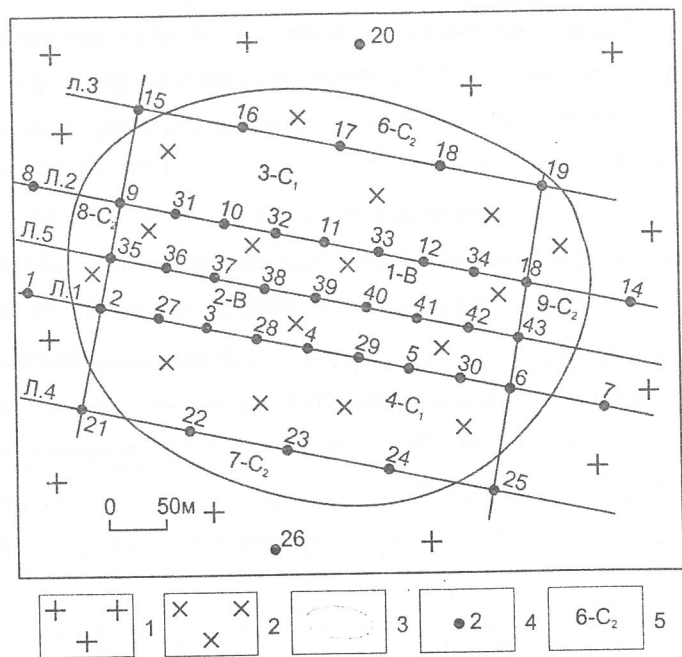


Рис. 5. Геологический план молибденового месторождения:
 1 - гранит-порфиры; 2 - апогранитные серицит-кварцевые метасоматиты с прожилками и вкрапленностью молибдена; 3 - контур рудного штокверка;
 4 - разведочные скважины и их номера; 5 - подсчетные блоки запасов категорий В, С₁, С₂

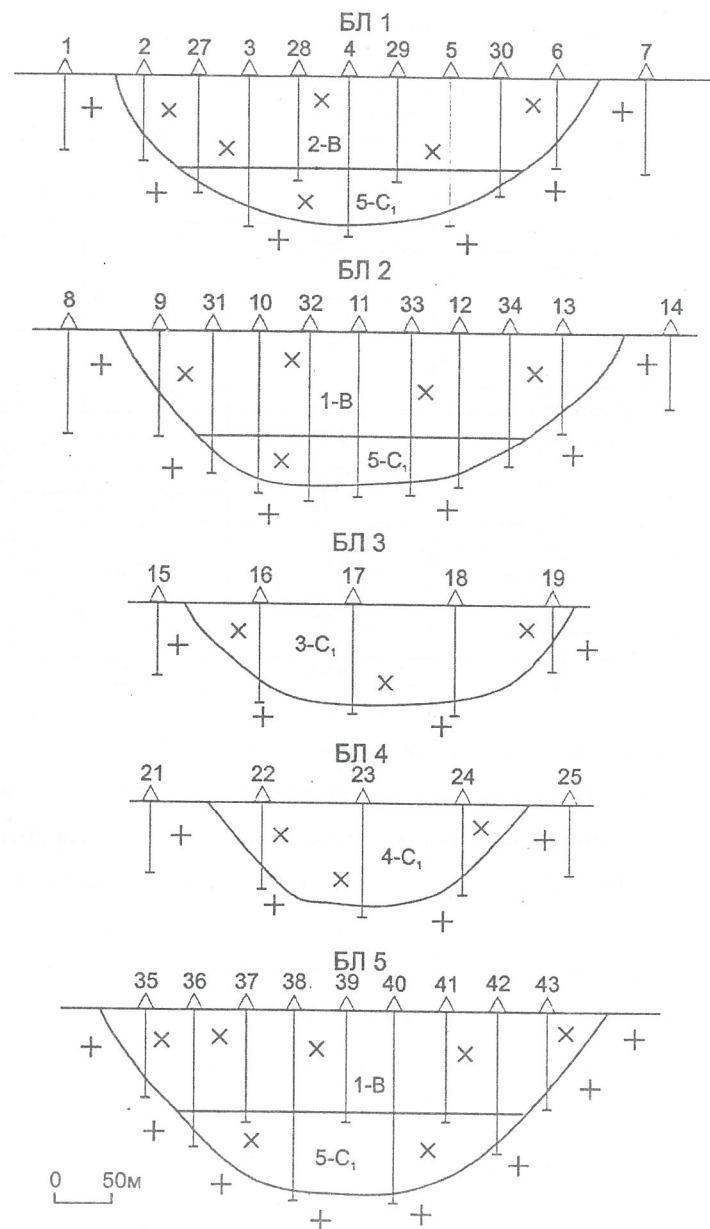


Рис.6. Геологические разрезы по линиям 1-5

Таблица 39

Параметры молибденового штокверка

Варианты	Мощность вскрышных пород (m_n), м	Коэффициент рудоносности (K_p)	Среднее содержание в руде, (С)	
			Mo, %	Re, г/т
1	50	0,52	0,10	22
2	50	0,54	0,10	24
3	50	0,56	0,10	26
4	50	0,58	0,10	28
5	50	0,60	0,10	30
6	100	0,62	0,11	22
7	100	0,64	0,11	24
8	100	0,66	0,11	26
9	100	0,68	0,11	28
10	100	0,70	0,11	30
11	150	0,72	0,12	22
12	150	0,74	0,12	24
13	150	0,76	0,12	26
14	150	0,78	0,12	28
15	150	0,80	0,12	30
16	200	0,82	0,13	22
17	200	0,84	0,13	24
18	200	0,86	0,13	26
19	200	0,88	0,13	28
20	200	0,90	0,13	30

Последовательность выполнения работы

1. Подсчитать запасы руды и металлов по категориям B , C_1 и C_2 и суммарные способом геологических разрезов. Для этого требуется построить по скважинам 15, 9, 35, 2, 21, и 19, 13, 43, 6, 25 (рис. 5) два поперечных геологических разреза и определить с помощью палетки площади рудного тела в разрезах, ограничивающих блоки разных категорий. Затем вычислить объем блоков с учетом коэффициента рудоносности по формулам призмы, усеченной пирамиды или клина и запасы в них руды, молибдена и рения, (2.9-2.11)

$$V_{np} = (S_1 + S_2) \cdot L \cdot K_p / 2, (S_1 - S_2 \leq 40\%); \quad (2.18)$$

$$V_{ус.пир} = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}}{3} \cdot L \cdot K_p, (S_1 - S_2 > 40\%); \quad (2.19)$$

$$V_{кл} = S \cdot L \cdot K_p / 2; \quad (2.20)$$

$$Q = V \cdot d;$$

$$P = Q \cdot \bar{C} \cdot 10^{-2};$$

$$P = Q \cdot \bar{C} \cdot 10^{-6}.$$

Данные расчетов представить в табличной форме (табл. 40).

Таблица 40

Подсчет запасов молибденпорфирового месторождения методом геологических разрезов

Номера блоков, категории запасов	Площади рудного тела в разрезах, ограничивающих блок, m^2 (S)	Расстояние между разрезами или зона влияния разреза, м (L)	Коэффициент рудоносности (K_p)	Объем блока, млн. m^3 (V_p)	Объемная масса t/m^3 (d)	Запасы руды, млн. т (Q_p)	Среднее содержание в руде		Запасы металлов	
							C_{Mo} М, %	C_{Re} г/т	P_{Mo} т.т.	P_{Re} т
1-B										
2-B										
Итого B				+		+			+	+
3-C ₁										
4-C ₁										
5-C ₁										
Итого C ₁				+		+			+	+
Итого B+C ₁				+		+			+	+
6-C ₂										
7-C ₂										
8-C ₂										
9-C ₂										
Итого C ₂				+		+			+	+
Всего B+C ₁ +C ₂				+		+			+	+

2. Определить способ разработки месторождения – открытый, подземный или комбинированный. Для этого необходимо рассчитать фактический коэффициент вскрыши (K_B^Φ) и предельно допустимый коэффициент (K_B^n) по формулам (1.7) и (1.8)

$$K_B^\Phi = \frac{V_k - V_p}{V_p},$$

$$K_B^n = \frac{C_{II} - C_O}{C_B},$$

где V_k – объем карьера, м³; V_p – объем руды, м³.

Для определения объема карьера на геологических разрезах по линиям 1-5 нужно построить его контуры с углами откосов бортов в зависимости от крепости вмещающих пород и глубины разработки (табл. 41).

Таблица 41

Зависимость углов откоса бортов карьера от крепости вмещающих пород и глубины разработки

Характеристик а вмещающих пород	Коэффициент крепости по Протодяконову	Углы откоса в зависимости от глубины разработки, м				
		< 90	90-180	180-240	240-300	300-500
Рыхлые	< 1	21-30	20-28	18-26	-	-
Полускальные	1-2	30-43	28-41	26-39	24-37	-
Скальные средней крепости	3-7 _v	43-50	41-48	39-45	37-43	30-37
Скальные крепкие	8-14 _v	50-60	48-57	45-53	43-52	37-45
Скальные очень крепкие	15-20	60-68	57-65	53-60	52-58	45-51

Ширина дна карьера должна быть не менее 25 м. Затем следует вынести на план контуры верхнего, промежуточного (на уровне вскрышных пород) и нижнего оснований карьера, определить его объем по формулам призмы или усеченной пирамиды и вычислить фактический коэффициент вскрыши. Сопоставив его с предельно допустимым коэффициентом вскрыши, сделать вывод о способе разработки месторождения:

1. $K_B^\Phi < K_B^n$ – открытый; 2. $K_B^\Phi = K_B^n$ – комбинированный;

3. $K_B^\Phi > K_B^n$ – подземный способ.

3. Рассчитать эксплуатационные запасы руды (Q_3) по формуле (1.14)

$$Q_3 = \frac{Q(1-n)}{(1-r)}.$$

4. Вычислить среднее содержание молибдена и рения в добытой руде по формуле (2.13)

$$\bar{C}_d = \bar{C}_y \cdot (1-r).$$

5. Определить срок эксплуатации рудника (T_3), используя метод Тейлора, установившего статистическую связь между величиной эксплуатационных запасов и средней продолжительности работы рудника (табл. 22).

6. Рассчитать годовую производительность горного предприятия по руде (формула 1.13)

$$A_p = \frac{Q_3}{T_3}.$$

7. Установить годовую производительность по вскрыше (формула 1.21)

$$A_B = \frac{V_B}{T_3}.$$

8. Вычислить годовую производительность горного предприятия по горной массе по формуле (1.20)

$$A_{ГМ} = A_p + A_B \cdot d_b.$$

9. Определить срок строительства горного предприятия (T_c) в зависимости от годовой производительности по горной массе: $A_{ГМ} < 0,5$ млн т – $T_c - 1$ год; $A_{ГМ} 0,5-3,0$ млн т – $T_c - 2$ года; $A_{ГМ} > 3,0$ млн т – $T_c - 3$ года.

10. Рассчитать годовой выпуск молибденового и рениевого концентратов по формуле (2.14)

$$P_k = A_p \cdot \bar{C}_d \cdot I_k.$$

11. Установить годовую стоимость добытой руды (C_p) и товарной продукции (C_r) по формулам

$$C_p = \Pi_p \cdot A_p, \quad (2.21)$$

$$C_r = \Pi_{Mo} \cdot Pk_{Mo} + \Pi_{Re} \cdot Pk_{Re}. \quad (2.22)$$

12. Определить годовые эксплуатационные затраты на добычу, включая вскрышу и обогащение 1 т руды по формуле

$$Z_r = (C_o + C_v \cdot K_b^\Phi + C_{об}) \cdot A_p. \quad (2.23)$$

13. Рассчитать величину налогов (H_c), учитываемых в себестоимости товарной продукции: налог на добычу полезного ископаемого – 8 % от годовой стоимости добытой руды (C_p), дорожный налог – 2,5 % от годовой стоимости продукции (C_r).

14. Определить годовую прибыль по формуле

$$\Pi_r = C_r - (Z_r + H_c). \quad (2.24)$$

15. Общие капитальные вложения (K_o) определены путем прямого расчета по укрупненным нормативам и составляют 300 млн р. Исходя из этого необходимо рассчитать общую величину инвестиций в освоение месторождения и среднегодовую величину капитальных вложений (K_r) по формулам (1.40) и (2.17)

$$I_o = K_o + OБ,$$

$$K_r = \frac{I_o}{T_c}.$$

Величина оборотных средств (ОБ) принимается на уровне 25 % годовых эксплуатационных затрат (Z_r).

16. Определить величину платы за кредиты или банковского процента по формуле (1.46)

$$B = I_o \cdot \left\{ \frac{[(1 + q_1)^{T_c} - 1] \cdot (1 + q_1)}{T_c \cdot q_1} - 1 \right\},$$

где q_1 - учетная банковская ставка ($q_1 = 0,1$).

Далее следует вычислить срок выплаты банковского процента (T_b) по формуле (1.47)

$$T_b = \frac{\log \left(1 - \frac{I_o}{\Pi_r} \cdot q_1 \right)}{\log(1 + q_1)},$$

используя десятичные или натуральные логарифмы. После этого необходимо провести распределение выплаты банковского процента по годам, руководствуясь «методом суммирования чисел».

17. Рассчитать годовую прибыль (Π_r') с учетом выплаты банковского процента

$$\Pi_r' = \Pi_r - B. \quad (2.25)$$

18. Определить величину налогов (H_n), относимых на финансовый результат: 1) налог на прибыль – 24 % от годовой прибыли (Π_r'); 2) налог на имущество в размере 2 % его среднегодовой стоимости (200 млн. р)

19. Вычислить чистую годовую прибыль ($\Pi_ч$) по формуле

$$\Pi_ч = \Pi_r' - H_n. \quad (2.26)$$

20. Рассчитать величину чистой годовой прибыли с учетом амортизационных отчислений (A_o) по формуле

$$\Pi_ч' = \Pi_ч + A_o. \quad (2.27)$$

Для молибденпорфирового месторождения амортизационные отчисления составляют в соответствии с нормами амортизации 15 % стоимости основных производственных средств (300 млн. р).

21. Определить чистую дисконтированную прибыль (ЧДП) за весь срок разработки месторождения по формуле

$$\text{ЧДП} = \Pi_ч' \frac{(1 + E)^{T_3} - 1}{(1 + E)^{T_3} \cdot E \cdot (1 + E)^{T_c}} - K_r \frac{(1 + E)^{T_c} - 1}{(1 + E)^{T_c} \cdot E}, \quad (2.28)$$

где E - норма дисконтирования прибыли. Для молибденпорфирового месторождения $E = 15\%$.

22. Вычислить индекс прибыльности (ИП) по формуле

$$\text{ИП} = \Pi'_ч \frac{(1+E)^{T_3} - 1}{(1+E)^{T_3} \cdot E \cdot (1+E)^{T_c}} / K_r \frac{(1+E)^{T_c} - 1}{(1+E)^{T_c} \cdot E} \quad (2.29)$$

23. Рассчитать срок окупаемости капитальных вложений (T_0) по формуле

$$T_0 = -\log\left(1 - \frac{K_r}{\Pi'_ч} \cdot [(1+E)^{T_c} - 1]\right) / \log(1+E), \quad (2.30)$$

принимая десятичные или натуральные логарифмы.

24. Установить внутреннюю норму прибыли ($\text{ВНП} = E_{\text{вн}}$).

Внутреннюю норму прибыли можно определить методом итераций по формуле (1.68) или построив график изменения величины чистой дисконтированной прибыли (ЧДП) для нескольких значений (не менее 3) нормы дисконта (E) аналогично графику, приведенному на рис. 4.

В заключение необходимо по величинам чистой дисконтированной прибыли, индекса прибыльности, срока окупаемости капитальных вложений, внутренней нормы прибыли сделать вывод об эффективности освоения молибденпорфирового месторождения. План карьера, геологические разрезы, график определения ВНП и расчеты выполняются на листе миллиметровки формата А3.

Время выполнения работы – 6 аудиторных часов.

2.4. Оценка месторождения облицовочного мрамора на стадии его эксплуатации

Исходные данные.

Месторождение черных облицовочных мраморов залегает среди метаморфизованных пород, представленных серицит-глинистыми сланцами, гнейсами и тальк-карбонатными породами по серпентинитам. По результатам разведки месторождения мрамор слагает пластообразную залежь северо-западного простирания, с падением на северо-восток под углом

55-65°. Залежь, оконтуренная геологоразведочными скважинами, имеет следующие параметры: длина по простиранию- 400 м, по падению- 90 м, мощность - 150-250 м. Мрамор характеризуется темно-серой окраской, мелко-среднезернистой структурой, полосчатой и массивной текстурой. Средний минеральный состав мрамора: кальцит (95-99 %), углистое вещество (1-5 %), единичные зерна кварца. Углистое вещество в мраморе рассеяно неравномерно, что создает причудливые рисунки, полосы, линзы, улучшающие его декоративные свойства. С поверхности залежь мрамора перекрыта чехлом рыхлых отложений средней мощностью 20 м, представленных делювиальными бурями глинами и продуктами коры выветривания.

Месторождение мрамора слабо закарстовано. Для его оконтуривания и подсчета запасов использованы следующие кондиции:

1) Минимальный выход блочного камня (B_b), отвечающего требованиям ГОСТ 9479-84 и СТСЭВ 6315-88 «Блоки из природного камня для производства облицовочных изделий»- 18 %;

2) Нижняя граница подсчета запасов соответствует предельной глубине разведки (горизонт 335 м), верхняя граница- кровля неизмененных мраморов;

3) Карстовые образования любой мощности из подсчета запасов исключить;

4) Качество товарной продукции должно соответствовать требованиям ГОСТ 9480-89 и СТ/СЭВ 6316-88 «Плиты облицовочные пиленные из природного камня» и ГОСТ 22658-89 «Щебень и песок декоративные из природного камня».

Месторождение облицовочного мрамора по совокупности геологических признаков отнесено ко II группе сложности. На месторождении скважинами колонкового бурения создана разведочная сеть,

обеспечивающая выделение запасов мрамора категорий В и С₁, в соотношениях, соответствующих требованиям ГКЗ. Геологический план месторождения и геологические разрезы по линиям 1-3 приведены на рис. 7, 8.

По техническим свойствам мрамор месторождения отвечает требованиям ГОСТ 9479-84 «Блоки из природного камня для производства облицовочных изделий». Усредненные качественные показатели мрамора следующие:

- 1) предел прочности при сжатии- 84 МПа;
- 2) плотность- 2,7 т/м³;
- 3) водопоглощение- 0,2 %;
- 4) коэффициент размягчения – 0,92;
- 5) морозостойкость- 25 циклов.

Выход полированной стандартной плиты (В_п) размером 300х300х10 мм из 1 м³ мраморного блока составил 15 м².

Мрамор, по линейным размерам не соответствующий блочному камню, а также его отходы и скол используются для изготовления щебня декоративного. По своим технологическим показателям (табл. 42), установленным по данным лабораторных исследований, декоративный щебень из мрамора полностью удовлетворяет требованиям действующих стандартов.

Горнометаллургическим предприятиям, занимающимся добычей и переработкой гипергенных никелевых руд, за счет полученной прибыли проведены в контурах проектного карьера на месторождении облицовочного мрамора вскрышные работы экскаваторно-бульдозерным способом. Добыча мраморных блоков осуществляется комбинированным способом с применением камнерезных машин с алмазным канатом и перфораторного

оконтуривания, с последующим отделением блоков от массива гидроклиньюми и гидродомкратами.

Таблица 42

Технологические показатели декоративного щебня

Показатели	Среднее значение показателя
1. Выход фракций, %	91
2. Водопоглощение, %	0,6
3. Содержание лещадных зерен, %	12
4. Содержание глинистых частиц, %	0,2
5. Содержание слабых зерен, %	0,03
6. Марка щебня по дробимости, %	600
7. Марка щебня по морозостойкости, МрЗ	50
8. Истираемость, %	40
9. Марка по истираемости	II – III
10. Объемнонасыщенная масса, кг/м ³	1250

Параметры месторождения облицовочного мрамора (коэффициент закарстованности, выход блочного камня) по вариантам заданий приведены в табл. 43.

Таблица 43

Параметры месторождения облицовочного мрамора

Варианты	Коэффициент закарстованности (Кз)	Выход блочного камня, % (Вб)
1	0,76	39
2	0,77	38
3	0,78	37
4	0,79	36
5	0,80	35
6	0,81	34
7	0,82	33
8	0,83	32
9	0,84	31
10	0,85	30
11	0,86	29
12	0,87	28
13	0,88	27
14	0,89	26
15	0,90	25
15	0,91	24
17	0,92	23
17	0,93	22
19	0,94	21
20	0,95	20

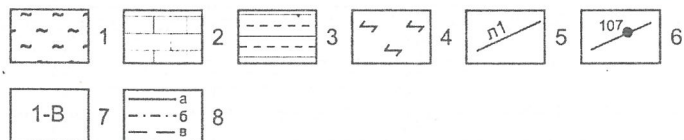
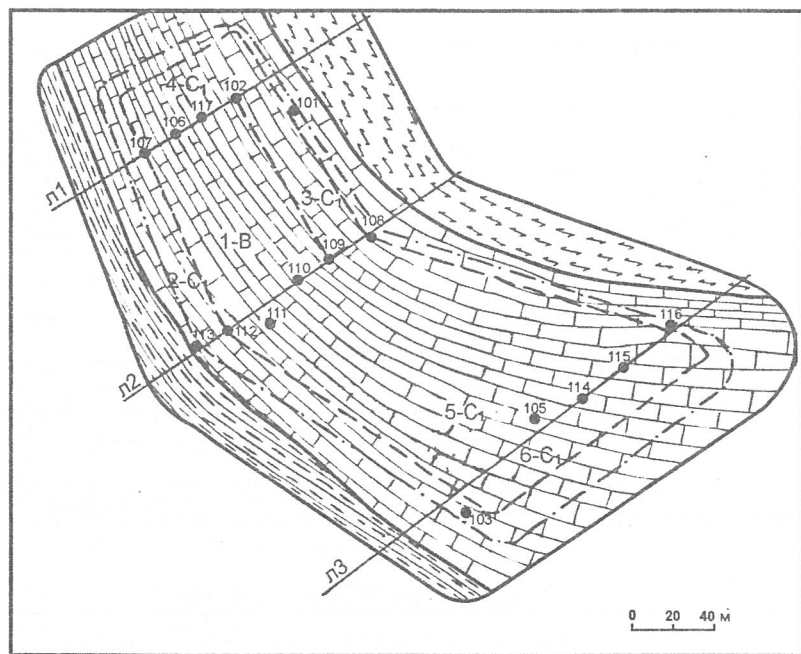


Рис. 7. Геологический план месторождения облицовочного мрамора: 1 - глинистая кора выветривания сланцев; 2 - мраморы темносерые до черных, полосчатые; 3 - серицит-глинистые сланцы; 4 - тальк-карбонатные породы по серпентинитам; 5 - разведочные линии и их номера; 6 - скважины колонкового бурения и их номера; 7 - контур подсчета запасов по категориям В и С₁; 8 - контур карьера (а - верхний, б - промежуточный, в - нижний)

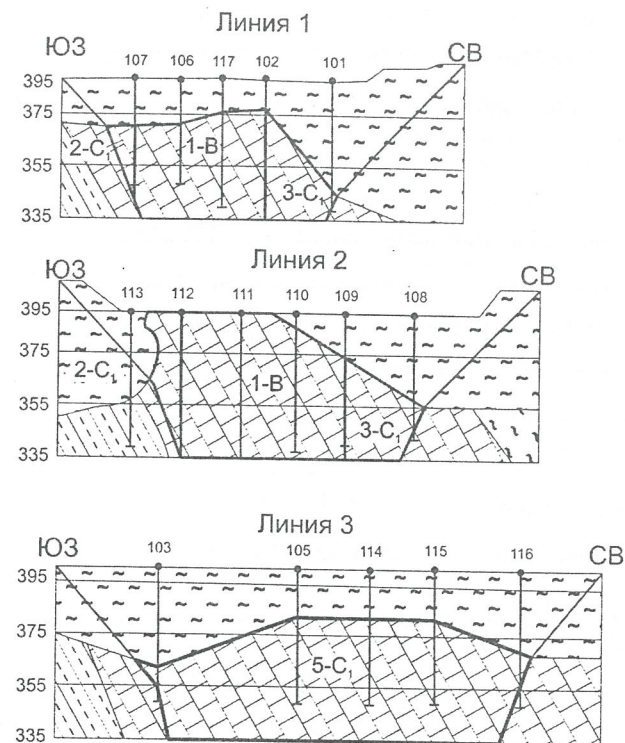


Рис. 8. Геологические разрезы по линиям 1-3 по месторождению облицовочного мрамора

Добытые блоки перерабатываются на ортогональной машине на плиты облицовочные размером 300x300x10 мм в камнеобрабатывающем цехе, построенном вблизи промплощадки горнорудного предприятия. Годовой объем товарных плит ($A_{\text{кл}}$) составляет 600 000 м². Отходы, полученные при обработке мраморных блоков, перерабатываются в щебень декоративный на дробильно-сортировочной установке, расположенной вблизи камнерезного цеха.

Требуется провести комплексную геолого-экономическую оценку месторождения облицовочного мрамора на стадии его разработки. Во всех вариантах оценки при проведении расчетов используются следующие данные:

1. Показатели потерь (n) сырья для открытой разработки – 5 %;
2. Себестоимость 1 м^3 вскрышных пород (C_b) – 110 р/м³;
3. Себестоимость добычи и переработки 1 м^3 мрамора ($C_{дп}$) – 720 р/м³;
4. Цена 1 м^3 добытого мрамора ($Ц_m$) – 600р;
5. Средняя оптовая цена облицовочной плиты ($Ц_п$) – 270 р;
6. Оптовая цена 1 т декоративного щебня ($Ц_{щ}$) – 310 р/т;
7. Стоимость основных фондов предприятия ($K_ф$) на начало разработки месторождения – 250 млн р;
8. Среднегодовая величина капитальных вложений (K_r) в эксплуатацию месторождения – 20 млн р.

Последовательность выполнения работы

1. Произвести подсчет запасов облицовочного мрамора в контурах карьера (см. рис. 7, 8) по категориям B и C_1 способом геологических разрезов, определив для этого с помощью палетки площади в разрезах по линиям 1-3, запасы мрамора (Q_m) и объем карста (V_k), используя известные формулы призмы, усеченной пирамиды и коэффициент закарстованности. Результаты расчетов представить в табличной форме (табл. 44).

2. Определить объем рыхлых вскрышных пород (V_b), зная их среднюю мощность и рассчитав их площадь на плане на уровне их кровли и подошвы (см. рис. 7).

3. Рассчитать количество промышленных запасов монолитного мрамора в контурах карьера по формуле

$$Q_n = Q_m / (1+n), \quad (2.31)$$

где n - потери ($n=0,05$).

Таблица 44
Расчет запасов облицовочного мрамора в контуре проектного карьера

Блок	Л и и и я	Площадь сечения, м ² (S)	Расстояние между сечениями, м (l)	Объем пород, тыс м ³ (V _b)	Кoeffици- ент закар- стованно- сти (K _з)	Запасы мрамора тыс м ³ (Q _m)	Объем карста, тыс м ³ (V _k)
1-B	1 2						
2-C ₁	1 2						
3-C ₁	1 2						
4-C ₁	1						
5-C ₁	2 3						
6-C ₁	3						
Итого C ₁							
Всего B+C ₁							

4. Вычислить фактический коэффициент вскрыши ($K_b^ф$) и сопоставить его с предельным коэффициентом вскрыши ($K_b^n=2$)

$$K_b^ф = (V_b + V_k) / Q_n. \quad (2.32)$$

5. Годовая мощность карьера устанавливается в соответствии с производительностью камнерезного цеха ($A_{ки}$) - 600 тыс м² стандартной плиты в год. Исходя из этого нужно определить годовой объем добычи стандартных блоков ($A_б$) и монолитного мрамора (A_m) по формулам

$$A_б = A_{ки} / B_n; \quad (2.33)$$

$$A_m = A_б \cdot 100 / B_б, \quad (2.34)$$

где B_n и $B_б$ – соответственно выход облицовочной плиты ($B_n=15\text{ м}^2/\text{м}^3$) и блочного камня ($B_б, \%$).

6. Рассчитать срок эксплуатации мраморного карьера

$$T_3 = Q_n / A_m. \quad (2.35)$$

7. Вычислить годовую производительность карьера по вскрыше:

$$A_B = (V_B + V_K) / T_3, \quad (2.36)$$

8. Подсчитать годовой объем отходов, образующихся при обработке мрамора по формуле

$$V_0 = A_0 - m \cdot A_{\text{кш}} - V_{\text{ш}}, \quad (2.37)$$

где m – толщина стандартной плиты ($m=0,01$ м);

$V_{\text{ш}}$ – объем шлама, образующегося в процессе распиловки, рассчитанный по формуле

$$V_{\text{ш}} = T \cdot A_{\text{кш}} \cdot k, \quad (2.38)$$

где T – величина, равная толщине пропила ($T=16,2$ мм),

k – коэффициент, учитывающий объем шлама при раскросе и обработке плит ($k=1,05$).

9. Определить годовой объем сырья для производства щебня по формуле

$$V_c = A_M - A_0 + V_0. \quad (2.39)$$

10. Рассчитать годовую производительность предприятия по выпуску декоративного щебня по формуле

$$A_{\text{щ}} = V_c \cdot d \cdot B_{\text{щ}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (2.40)$$

где d – плотность мрамора ($d=2,7$ т/м³);

$B_{\text{щ}}$ – выход щебня декоративного из мраморов ($B_{\text{щ}}=0,8$);

$K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий потери при транспортировке и перегрузке ($K_{\text{п}}=0,95$).

11. Вычислить годовую стоимость добытого мрамора (C_M) и товарной продукции (C_T) по формулам

$$C_M = \Pi_M \cdot A_M; \quad (2.41)$$

$$C_T = \Pi_{\text{п}} \cdot A_{\text{кш}} + \Pi_{\text{щ}} \cdot A_{\text{щ}}. \quad (2.42)$$

12. Установить величину годовых эксплуатационных затрат на проведение вскрышных работ, добычу и переработку мрамора по формуле

$$З_r = A_B \cdot C_B + A_M \cdot C_{\text{дп}}. \quad (2.41)$$

13. Подсчитать величину основных налогов (H_c), учитываемых в себестоимости товарной продукции:

1) налог на добычу полезного ископаемого – 6 % от годовой стоимости добытого сырья (C_M);

2) дорожный налог – 2,5 % от среднегодовой стоимости продукции (C_T).

14. Определить годовую прибыль от разработки месторождения облицовочного мрамора по формуле (2.24)

$$\Pi_r = C_T - (З_r + H_c).$$

15. Рассчитать величину основных налогов (H_n), относимых на финансовый результат:

1) налог на прибыль – 24 % от годовой прибыли (Π_r);

2) налог на имущество в размере 2 % его среднегодовой стоимости (200 млн р).

16. Вычислить чистую годовую прибыль по формуле

$$\Pi_{\text{ч}} = \Pi_r - H_n. \quad (2.44)$$

17. Установить величину чистой годовой прибыли с учетом амортизационных отчислений (A_0) по формуле (2.27):

$$\Pi'_{\text{ч}} = \Pi_{\text{ч}} + A_0.$$

Амортизационные отчисления приняты исходя из норм амортизации в размере 15 % стоимости основных производственных средств (K_0), определяемых по формуле

$$K_0 = K_{\text{ф}} + K_{\text{п}} - \text{ОБ}, \quad (2.45)$$

где $K_{\text{п}}$ – предстоящие капитальные вложения в эксплуатацию месторождения мрамора. Они рассчитываются по формуле

$$K_{\text{п}} = K_r \cdot T, \quad (2.46)$$

Величина оборотных средств (ОБ) принимается в размере 25 % годовых эксплуатационных затрат ($З_r$).

18. Произвести подсчет чистой дисконтированной прибыли за весь период разработки месторождения облицовочного мрамора по формуле (1.72)

$$\text{ЧДП} = \frac{(\Pi'_q - K_r) \cdot [(1 + E)^{T_3} - 1]}{(1 + E)^{T_3} \cdot E} - K_\phi,$$

где E – норма дисконтирования прибыли. Для месторождения облицовочного мрамора $E=15\%$.

19. Вычислить индекс прибыльности по формуле (1.73)

$$\text{ИП} = \frac{\left(\Pi'_q \cdot \frac{(1 + E)^{T_3} - 1}{(1 + E)^{T_3} \cdot E} \right)}{\left(K_\phi + K_r \cdot \frac{(1 + E)^{T_3} - 1}{(1 + E)^{T_3} \cdot E} \right)}.$$

20. Определить срок окупаемости капитальных вложений (T_0) по формуле (1.74)

$$T_0 = \frac{\log\left(\frac{\Pi'_q - K_r}{\Pi'_q - K_r - E \cdot K_\phi}\right)}{\log(1 + E)},$$

используя десятичные или натуральные логарифмы.

21. Установить величину внутренней нормы прибыли ($\text{ВНП}=E_{\text{вн}}$).

Внутренняя норма прибыли рассчитывается методом итераций по формуле (1.68) или по графику изменения величины чистой дисконтированной прибыли (ЧДП) для нескольких значений нормы дисконта (E).

В заключение по величине рассчитанных экономических показателей (ЧДП, ИП, T_0 , ВНП) необходимо сделать вывод о полученном экономическом эффекте от разработки месторождения облицовочного мрамора.

Время выполнения работы – 4 аудиторных часа.

2.5. Оценка месторождения нефти на стадии его освоения

Исходные данные.

Месторождение нефти представлено пластовой сводовой залежью в породах девонского возраста. Основные запасы нефти сосредоточены в песчано-алевролитовом пласте, экранированном практически непроницаемыми глинистыми породами.

По геологическому строению месторождение относится к типу сложных залежей с пониженной природной продуктивностью. Разведка нефтяного месторождения проводилась с помощью скважин турбинного бурения, среднее расстояние между ними составило 1500 м. По результатам разведочного и эксплуатационного бурения были определены запасы нефти по категориям B и C_1 . Параметры нефтяной залежи приведены по вариантно в табл. 45.

Эксплуатация залежи осуществляется нефтегазодобывающим управлением за счет средств, полученных при разработке крупного газонефтяного месторождения.

Требуется провести геолого-экономическую оценку эффективности освоения нефтяного месторождения в двух вариантах: 1) при стандартном налогообложении; 2) на основе соглашения о разделе продукции между инвестором и государством.

Последовательность выполнения работы.

1. Произвести подсчет геологических запасов нефти на рассматриваемой площади объемным методом [57] по формуле

$$Q_0 = S \cdot H \cdot m \cdot \beta_n \cdot \theta \cdot d, \quad (2.47)$$

где S – площадь залежи, м^2 ;

h – средняя эффективная мощность пласта, м ;

m – коэффициент эффективной пористости (отношение объема пор к объему залежи), ($m=0,3$). Коэффициент m определялся опытным путем по образцам, полученным при опробовании скважин турбинного бурения.

β_n – коэффициент нефтеносности пород (степень заполнения пор нефтью). ($\beta_n=0,65$);

θ – пересчетный коэффициент, учитывающий изменение объема пластовой нефти при подъеме её на поверхность ($\theta=0,8$)

d – плотность нефти ($d=0,85 \text{ т/м}^3$).

Таблица 45

Параметры нефтяной залежи

Варианты	Площадь, км ² (S)	Средняя эффективная мощность (h)	Коэффициент извлечения нефти, % (K _н)	Амплитудный дебит одной добывающей скважины, т/сут (g)	Количество эксплуатационных скважин, n
1	26	10,0	40	16	200
2	27	9,7	39	16	175
3	28	9,3	38	16	150
4	29	9,0	37	16	125
5	30	8,7	36	16	100
6	31	8,4	35	16	75
7	32	8,2	34	16	50
8	33	8,0	33	12	200
9	34	7,8	32	12	175
10	35	7,4	31	12	150
11	36	7,2	30	12	125
12	37	7,0	29	12	100
13	38	6,7	28	12	75
14	39	6,5	27	12	50
15	40	6,2	26	8	200
16	41	6,0	25	8	175
17	42	5,8	24	8	150
18	43	5,5	23	8	125
19	44	5,3	22	8	100
20	45	5,0	21	8	75

2. Определить величину извлекаемых запасов нефти

$$Q_n = Q_o \cdot K_n, \quad (2.48)$$

где K_n – коэффициент извлечения нефти (коэффициент нефтеотдачи) вычислялся по формуле

$$K_n = K_b \cdot K_z \cdot K_o, \quad (2.49)$$

где K_b – коэффициент вытеснения нефти водой;

K_z – коэффициент заводнения;

K_o – коэффициент охвата пласта процессом вытеснения.

3. Рассчитать годовой амплитудный дебит нефти на месторождении по формуле

$$A_n = g \cdot t \cdot n, \quad (2.50)$$

где g – амплитудный дебит одной добывающей скважины, т/сут;

t – среднегодовая продолжительность эксплуатации скважины с учетом проведения профилактических работ и текущего ремонта ($t=333$ сут);

n – количество эксплуатационных скважин на месторождении.

4. Установить срок эксплуатации нефтяной залежи

$$T_3 = Q_n / A_n. \quad (2.51)$$

5. Вычислить годовую стоимость добытой нефти (C_d) и товарной продукции по формулам

$$C_d = A_n \cdot \Pi_d; \quad (2.52)$$

$$C_r = A_n \cdot \Pi_n, \quad (2.53)$$

где Π_d – цена 1 т добытой нефти ($\Pi_d=2500$ р/т), Π_n – цена 1 т нефти на рынке ($\Pi_n=3000$ р/т).

6. Рассчитать годовые эксплуатационные затраты на добычу и транспортировку нефти по формуле

$$Z_r = A_n \cdot (Z_n + Z_r), \quad (2.54)$$

где Z_n – удельные затраты на извлечение 1 т нефти ($Z_n=500$ р/т);

Z_T – затраты на подготовку и транспортировку на рынок 1 т нефти ($Z_T=50$ р/т).

✓ 7. Определить величину налогов (H_c), учитываемых в себестоимости товарной продукции при стандартном налогообложении:

✓ 1) налог на добычу полезных ископаемых – 16,5 % от годовой стоимости добытой нефти (C_d);

2) дорожный налог – 2,5 % от годовой стоимости товарной продукции (C_T).

✓ 8. Рассчитать годовую прибыль от эксплуатации нефтяной залежи по формуле (2.23):

$$\Pi_r = C_T - (Z_T + H_c).$$

✓ 9. Установить величину налогов (H_n), относимых на финансовый результат:

✓ 1) налог на прибыль (24 % Π_r);

2) налог на имущество в размере 2 % его среднегодовой стоимости (500 млн р);

✓ 10. Вычислить чистую годовую прибыль по формуле (2.44)

$$\Pi_{ch} = \Pi_r - H_n.$$

11. Определить предстоящие капитальные вложения в разработку нефтяного месторождения (K_n) по формуле

$$K_n = (Z_k + Z_n) \cdot n, \quad (2.55)$$

где Z_k – капитальные вложения в расчете на одну эксплуатационную скважину ($Z_k=10$ млн р.);

Z_n – средства на ликвидацию одной эксплуатационной скважины (на охрану окружающей среды), резервируемые в банке ($Z_n=2$ млн р.);

n – количество эксплуатационных скважин.

13. Вычислить величину среднегодовых капитальных вложений в освоение месторождения по формуле

$$K_r = K_n / T_o, \quad (2.56)$$

✓ 14. Подсчитать величину чистой годовой прибыли с учетом амортизационных отчислений (A_o) по формуле (2.27)

$$\Pi'_c = \Pi_{ch} + A_o.$$

4 Амортизационные отчисления в соответствии с долговечностью эксплуатационной скважины ($T_c=50$ лет) составляют 2 % стоимости основных производственных фондов (K_o), определяемых по формуле (2.45)

$$K_o = K_\phi + K_n - O_B,$$

где K_ϕ – стоимость основных фондов предприятия на начало эксплуатации месторождения нефти ($K_\phi=1500$ млн р). Оборотные средства принимаются на уровне 25 % годовых эксплуатационных затрат (Z_r).

✓ 15. Установить чистую дисконтированную прибыль за весь срок эксплуатации нефтяной залежи по формуле (1.72)

$$\text{ЧДП} = \frac{(\Pi'_c - K_r) \cdot [(1+E)^{T_o} - 1]}{(1+E)^{T_o} \cdot E} - K_\phi, \quad \text{от } 81$$

где E – норма дисконтированной прибыли. Для месторождения нефти принята $E=15$ %.

16. Вычислить индекс прибыльности по формуле (1.73)

$$\text{ИП} = \frac{\left(\Pi'_c \cdot \frac{(1+E)^{T_o} - 1}{(1+E)^{T_o} \cdot E} \right)}{\left(K_\phi + K_r \cdot \frac{(1+E)^{T_o} - 1}{(1+E)^{T_o} \cdot E} \right)}$$

17. Определить срок окупаемости капитальных вложений (T_o) по формуле (1.74)

$$T_0 = \frac{\log\left(\frac{\Pi'_ч - K_r}{\Pi'_ч - K_r - E \cdot K_\Phi}\right)}{\log(1 + E)},$$

используя десятичные или натуральные логарифмы.

18. Произвести расчет внутренней нормы прибыли ($VNP=E_{вн}$) методом итераций по формуле (1.68) или по графику изменения величины чистой дисконтированной прибыли (ЧДП) для нескольких значений нормы дисконта (E).

19. По величине основных экономических показателей (чистой дисконтированной прибыли, индексу прибыльности, сроку окупаемости капитальных вложений, внутренней норме прибыли) оценить эффективность освоения нефтяной залежи при стандартном налогообложении.

20. Вычислить экономические показатели оценки месторождения нефти (годовую прибыль, чистую дисконтированную прибыль) на основе соглашения о разделе продукции (СРП) между инвестором и государством. СРП составлено на следующих условиях:

1. Инвестор берет на себя обязательства выплачивать государству:

- а) налог на добычу полезных ископаемых (H_2) в размере 8 % годовой стоимости добытой нефти (C_d);
- б) налог на прибыль (H_n), рассчитываемый в процентах (24 %) от годовой прибыли (Π_r).

2. Чистая дисконтированная прибыль (ЧДП) от эксплуатации нефтяной залежи распределяется между инвестором (80 %) и государством (20 %).

После определения величины налогов и платежей, годовой прибыли, по формулам, применявшимся при расчете экономических показателей при стандартном налогообложении, необходимо установить значение чистой дисконтированной прибыли (ЧДП_и) инвестора по формуле

$$\text{ЧДП}_и = 0,8 \cdot \left[\Pi'_ч \frac{(1+E)^{T_3} - 1}{(1+E)^{T_3} \cdot E} - K_\Phi - K_r \frac{(1+E)^{T_3} - 1}{(1+E)^{T_3} \cdot E} \right]. \quad (2.57)$$

В заключение необходимо провести сравнительный анализ полученных по двум вариантам освоения нефтяного месторождения экономических показателей и выбрать вариант, наиболее привлекательный для инвестора.

Время выполнения работы – 4 аудиторных часа.

2.6. Оценка комплексного техногенного месторождения на стадии его разработки

Исходные данные.

Объектом оценки является техногенное месторождение-хвостохранилище действующей обогатительной фабрики, сложенное продуктами обогащения колчеданно-полиметаллических руд. По физическим свойствам хвосты обогащения представляют собой песчано-глинистую, сульфидно-золотоносную, тонко измельченную до 0,1-0,07 мм массу. По минеральному составу хвосты обогащения аналогичны перерабатываемым рудам, но отличаются более низким содержанием в них рудных минералов. В их состав входят пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, из нерудных минералов распространены кварц, серицит, хлорит, барит, кальцит. Хвостохранилище сухое, представлено крупной пластообразной залежью невыдержанной мощности с неравномерной изменчивостью содержаний полезных компонентов ($V > 40\%$): меди, цинка, свинца, золота и серебра. Разведка хвостохранилища осуществлялась бурением шнековых скважин по сети 50x50 м. Основные параметры комплексного техногенного месторождения по вариантам заданий приведены в табл. 46.

Таблица 46

Параметры комплексного техногенного месторождения

Варианты	Площадь, тыс м ² (S)	Средняя мощность, м (M)	Объемная масса т/м ³ (d)	Среднее содержание полезных компонентов				
				Cu, %	Zn, %	Pb, %	Au, г/т	Ag, г/т
1	550	6	4,5	0,3	0,9	0,3	0,4	18
2	660	5	4,4	0,1	0,8	0,5	0,7	13
3	690	8	4,3	0,2	0,6	0,2	0,3	10
4	740	7	4,2	0,2	0,7	0,3	0,4	12
5	1040	7	3,6	0,1	0,4	0,2	0,3	6
6	2100	14	3,0	0,1	0,2	0,1	0,4	4
7	2260	15	2,9	0,1	0,3	0,1	0,2	5
8	2540	11	2,8	0,1	0,3	0,1	0,5	6
9	3000	13	2,7	0,1	0,3	0,1	0,4	4
10	3470	12	2,6	0,1	0,2	0,1	0,3	4
11	1830	11	3,2	0,1	0,4	0,2	0,6	6
12	2070	10	3,1	0,1	0,3	0,2	0,7	5
13	790	9	4,1	0,2	0,8	0,3	0,4	13
14	800	10	4,0	0,2	0,7	0,3	0,2	14
15	1530	13	3,3	0,1	0,5	0,2	0,2	7
16	840	8	3,9	0,4	0,7	0,3	0,4	12
17	870	9	3,8	0,3	0,9	0,3	0,3	15
18	940	8	3,7	0,3	0,8	0,3	0,3	16
19	1320	5	3,5	0,5	0,9	0,2	0,4	17
20	1440	12	3,4	0,2	0,5	0,2	0,4	8

На основании результатов полупромышленных испытаний проб хвостов обогащения была разработана рациональная схема их переработки, включающая следующие технологические процессы: гравитационная сепарация, флотация и цианирование. Коэффициенты извлечения полезных компонентов в концентраты (I_k) составляют:

меди – 0,85, цинка – 0,82, свинца – 0,54, золота – 0,66, серебра – 0,76.

Цена металлов в концентрате: Au–140 р/г; Ag–4 р/г; Cu–7000 р/г; Zn–6000 р/г; Pb–8000 р/г

Разработка комплексного техногенного месторождения осуществляется за счет прибыли, полученной от переработки первичных колчеданно-

полиметаллических руд. Стоимость основных фондов предприятия (K_ϕ) на начало эксплуатации – 500 млн р. Среднегодовая величина капитальных вложений в освоение месторождения (K_r) составляет 25 млн р. Техногенное сырье подается на обогатительную фабрику экскаваторно-конвейерным способом. Себестоимость разработки, транспортировки и обогащения 1 т сырья (C_o) – 50 р/т.

Требуется провести геолого-экономическую оценку техногенного месторождения на стадии эксплуатации и определить эффективность его освоения.

Последовательность выполнения работы

1. Подсчитать, исходя из параметров комплексного техногенного месторождения (табл. 46) объем (V), запасы сырья (Q) и полезных компонентов (P) по формулам (2.8-2.11)

$$V=S \cdot M,$$

$$Q=V \cdot d,$$

$$P=Q \cdot \bar{C} \cdot 10^{-2},$$

$$P=Q \cdot \bar{C} \cdot 10^{-6}.$$

2. Определить срок разработки техногенного месторождения ($T_э$). Для этого необходимо использовать установленную статистическую зависимость между величиной запасов сырья и средней продолжительностью работы горнодобывающего предприятия (табл. 22).

3. Установить годовую производительность предприятия по сырью

$$A_c=Q/T_э, \quad (2.58)$$

4. Рассчитать годовой выпуск концентратов металлов по формуле

$$P_k=A_c \cdot \bar{C} \cdot I_k, \quad (2.59)$$

где \bar{C} – средние содержания меди, цинка, свинца, золота и серебра в техногенном сырье;

I_k – коэффициенты извлечения полезных компонентов в концентраты.

5. Вычислить среднегодовую стоимость продукции

$$C_r = \Pi_{Cu} \cdot Pk_{Cu} + \Pi_{Zn} \cdot Pk_{Zn} + \Pi_{Pb} \cdot Pk_{Pb} + \Pi_{Au} \cdot Pk_{Au} + \Pi_{Ag} \cdot Pk_{Ag}, \quad (2.60)$$

где Π – цена металлов в концентратах.

6. Определить годовые эксплуатационные затраты на разработку, транспортировку и обогащение сырья по формуле

$$З_r = A_c \cdot C_o. \quad (2.61)$$

7. Установить величину дорожного налога (H_c), учитываемого в себестоимости товарной продукции, вычисляемого в процентах (2,5 %) от среднегодовой стоимости продукции (C_r).

8. Рассчитать годовую прибыль от разработки техногенного месторождения по формуле

$$\Pi_r = C_r - (З_r + H_c).$$

9. Вычислить величину налога на прибыль, относимого на финансовый результат, в размере 24 % годовой прибыли (Π_r).

10. Определить чистую годовую прибыль по формуле (2.44):

$$\Pi_q = \Pi_r - H_n.$$

11. Установить величину чистой годовой прибыли с учетом амортизационных отчислений (A_o) по формуле (2.27):

$$\Pi'_q = \Pi_q + A_o.$$

Амортизационные отчисления составляют в соответствии с нормами амортизации 10 % стоимости основных производственных средств (K_o), определяемых по формуле (2.45):

$$K_o = K_\phi + K_n - OБ,$$

где K_n – предстоящие капитальные вложения в эксплуатацию техногенного месторождения, вычисляемые по формуле (2.46):

$$K_n = K_r \cdot T_r.$$

Величина оборотных средств (ОБ) принимается в размере 25 % годовых эксплуатационных затрат ($З_r$).

12. Рассчитать чистую дисконтированную прибыль (ЧДП) за весь период освоения техногенного месторождения по формуле (1.72)

$$ЧДП = \frac{(\Pi'_q - K_r) \cdot [(1 + E)^{T_3} - 1]}{(1 + E)^{T_3} \cdot E} - K_\phi,$$

где E – норма дисконтирования прибыли. Для техногенного месторождения принята $E=15\%$.

13. Вычислить индекс прибыльности по формуле (1.73)

$$ИП = \frac{\left(\Pi'_q \cdot \frac{(1 + E)^{T_3} - 1}{(1 + E)^{T_3} \cdot E} \right)}{\left(K_\phi + K_r \cdot \frac{(1 + E)^{T_3} - 1}{(1 + E)^{T_3} \cdot E} \right)}.$$

14. Определить срок окупаемости капитальных вложений (T_o) по формуле (1.74)

$$T_o = \frac{\log \left(\frac{\Pi'_q - K_r}{\Pi'_q - K_r - E \cdot K_\phi} \right)}{\log(1 + E)},$$

используя десятичные или натуральные логарифмы.

15. Установить величину внутренней нормы прибыли ($ВНП=E_{вн}$) методом итераций по формуле (1.68) или построив график изменения величины чистой дисконтированной прибыли (ЧДП) для нескольких значений дисконта (E).

В заключение по величине рассчитанных экономических показателей (ЧДП, ИП, T_o , ВНП) делается обоснованный вывод об эффективности освоения комплексного техногенного месторождения.

Время выполнения работы- 4 аудиторных часа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геолого-экономическая оценка природных и техногенных месторождений по своему содержанию является комплексной.

Она содержит оценку географо-экономических, геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнологических условий освоения месторождений, технологических свойств минерального сырья, экономическую оценку месторождений с учетом социальных и экологических последствий их разработки, геолого-экономическое обоснование кондиций на минеральное сырье.

Оценка месторождений полезных ископаемых начинается с изучения географо-экономических условий района работ, его освоенности, орографических и климатических особенностей, обеспеченности земельными, лесными, водными ресурсами, электроэнергией, транспортом, оказывающих существенное влияние на технико-экономические показатели месторождений.

Геологическая оценка месторождений включает определение условий залегания тел полезных ископаемых (морфологии, внутреннего строения, тектонической нарушенности), количества и качества балансовых и забалансовых запасов, гидрогеологических и инженерно-геологических особенностей месторождений. При оценке горнотехнических условий эксплуатации месторождений проводится обоснование способа и системы разработки месторождения, определение величины потерь и разубоживания полезных ископаемых, годовой производительности горнодобывающего предприятия, срока эксплуатации месторождения.

Для разработки рациональных схем обогащения и переработки минерального сырья исследуются технологические свойства полезных ископаемых. На рудных месторождениях определяются технологические

показатели обогащения (выход концентратов, извлечение металлов в концентраты, содержание металлов в концентратах и хвостах обогащения), способы металлургического передела руд. На месторождениях нерудных полезных ископаемых (камнесамоцветного сырья, декоративно-облицовочного камня) устанавливается процентный выход камня-сырца, кристаллосырья, блочного камня, облицовочной плиты, декоративного щебня.

Экономическая оценка месторождений осуществляется с учетом факторов времени и риска в двух основных вариантах – базовом (без налогообложения) и коммерческом с выплатой существующих налогов, платежей и отчислений в соответствии с действующим законодательством. Она включает расчет величины капитальных вложений и оборотных средств, эксплуатационных затрат на добычу и переработку полезных ископаемых, показателей экономической эффективности освоения месторождений (чистой дисконтированной прибыли, индекса прибыльности, срока окупаемости капитальных вложений, внутренней нормы прибыли) и обоснование оптимальных вариантов их разработки. При оценке месторождений в современных условиях нередко экономически более привлекательным представляется вариант перехода от условий стандартного налогообложения к соглашению о разделе продукции между государством и инвестором.

Оценка экологических условий при проведении геологоразведочных и эксплуатационных работ включает определение производимой при этом экологической нагрузки на недра, земельные, водные, биологические ресурсы и атмосферу, экспертизу предусмотренных природоохранных и природовосстановительных мероприятий.

Экономический и социальный эффекты являются обязательной составной частью при определении общей эффективности инвестиционных горных проектов.

Важным результатом геолого-экономической оценки месторождений является обоснование кондиций на минеральное сырье, позволяющих провести оконтуривание тел полезных ископаемых, разделение запасов на балансовые (экономические) и забалансовые (потенциально экономические), выделение промышленных типов и сортов полезных ископаемых, определение их качества, подсчет запасов попутных компонентов, расчет коэффициентов рудоносности, предельного коэффициента вскрыши и некоторых других параметров.

Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья выполняется в соответствии с основными требованиями по рациональному использованию и охране недр [33]:

- 1) соблюдение установленного законодательством порядка предоставления недр в пользование;
- 2) обеспечение полноты геологического изучения, рационального комплексного использования и охраны недр;
- 3) проведение опережающего геологического изучения недр, обеспечивающего достоверную оценку запасов полезных ископаемых;
- 4) проведение государственной экспертизы и учета запасов полезных ископаемых;
- 5) обеспечение наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов;
- 6) достоверный учет извлекаемых и оставляемых в недрах запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов при разработке месторождений;
- 7) предотвращение загрязнения недр при проведении работ, связанных с недропользованием;
- 8) соблюдение установленного порядка консервации и ликвидации предприятий по добыче полезных ископаемых.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Абдурахимов Ю. В.** Минерально-сырьевой потенциал территории: проблемы оценки и использования. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. 110 с.
2. **Авдонин В. В.** Технические средства и методика разведки месторождений полезных ископаемых. М.: Изд-во МГУ, 1994. 208 с.
3. **Агошков М. И., Гольдман Е. Л., Кривенков Н. А.** Экономика горнорудной промышленности: Учебное пособие для ВУЗов. М.:Недра, 1986. 264 с.
4. **Алискеров В. А., Заверткин В. Л.** Экономика минерального сырья и геологоразведочных работ / ЗАО "Геоинформарк". М., 1998. 235 с.
5. **Андросов А. Д.** Технология разработки глубоких карьеров Якутии – Новосибирск: Наука, 1996. 215 с.
6. **Арашкевич В. М.** Основы обогащения руд. М.: Недра, 1973. 192 с.
7. **Аренс В. Ж., Гайдин А. М.** Геолого-гидрогеологические основы геотехнологических методов добычи полезных ископаемых. М: Недра, 1978. 215 с.
8. **Астахов А. С., Краснянский Г. Л.** Экономика и менеджмент горного производства: Учеб.пособ. для вузов: В 2 кн. М.: Издательство Академии горных наук, 2002. Кн.1: Основы экономики горного производства. 367 с.
9. **Багазеев В. К., Осинцев В. А.** Основы горного дела. Ч.2. Разработка месторождений подземным способом: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1996. 102 с.

10. **Баранников А. Г., Макарова С. В.** Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. 95 с.

11. **Бирюков В. И., Денисов М. Н., Казаков Е. К.** и др. Рациональная сеть предварительной разведки (методическое пособие). М.: Недра, 1978. 262 с.

12. **Боярко Г. Ю.** Экономика минерального сырья. Томск, 2000. 365 с.

13. **Бычков Г. В.** Добыча и переработка облицовочного камня на Урале / Горный журнал. Известия вузов. 1994. № 11-12. С.109-128.

14. **Вершинин А. С.** Геология, поиски и разведка гипергенных месторождений никеля. М.:Недра, 1993. 304с.

15. **Викентьев В. А., Карпенко И. А., Шумилин М. В.** Экспертиза запасов рудных месторождений. М.:Недра, 1988. 199 с.

16. **Временное** руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу технико-экономических обоснований (ТЭО) кондиций на минеральное сырье. М.:ГКЗ, 1997. 38с.

17. **Ганженко Г. Д.** Техногенные минерально-сырьевые ресурсы цветных и благородных металлов Восточного Казахстана. – Усть-Каменогорск, ВКТУ, 1999. 174 с.

18. **Географическая** экспертиза хозяйственного освоения территории / Антипов А. Н., Блануца В. И., Говорушко С. М. и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1992. 224 с.

19. **Гумеров Л. Г.** Горный хрусталь, жильный кварц, декоративные и ювелирные разновидности кварца. Месторождения Урала / Горный журнал. Известия вузов, 1995. № 8. С. 32-69.

20. **Дворник Г. П.** Изучение шлиховых ореолов золота при комплексной оценке золото-меднопорфирового оруденения в калиевых щелочных массивах // Комплексное использование и эксплуатация месторождений полезных ископаемых: Материалы III Международной конференции. Новочеркасск. 1997. С.59-63.

21. **Добыча** и обработка природного камня: Справочник / Под.общ.ред. А. Г. Смирнова. М.:Недра, 1990. 445 с.

22. **Дроздов В. П., Мильгром Г. Б.** Геолого-экономическая оценка месторождений пьезооптического и камнесамоцветного сырья. М.:Недра, 1990. 172 с.

23. **Дроздов И. А.** Договоры на передачу в пользование природных ресурсов. Учебно-практическое пособие. М.: "Прспект", 2001. 120 с.

24. **Дьячкова Е. А.** Геолого-экономическая оценка нефтяных месторождений в экстремальных природных условиях. М.:Недра, 1987. 108 с.

25. **Ефимов А.В.** Налогообложение недропользования (на примере нефтедобывающей промышленности). Москва, 2001. 207 с.

26. **Заверткин В. Л., Харченков А. Г.** Российские недра и оценка их стоимости (к вопросу о методике оценки) // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1996. № 2. С.39-42.

27. **Каждан А. Б.** Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Научные основы поисков и разведки: Учебник для вузов. М.:Недра, 1984. 285 с.

28. **Каждан А. Б.** Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Производство геологоразведочных работ: Учебник для вузов. М.:Недра, 1985. 288 с.

29. **Каждан А. Б., Кобахидзе Л. П.** Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. М.:Недра, 1985. 205 с.

30. **Киевленко Е. Я.** Поиски и оценка месторождений драгоценных и поделочных камней. М.:Недра, 1980. 166 с.

31. **Козин В. З.** Опробование на обогатительных фабриках. М.:Недра, 1988. 287 с.

32. **Колосов А. В.** Эколого-экономические принципы развития горного производства. М.:Недра, 1987.

33. **Комментарий к Закону Российской Федерации "О недрах".** М.:Издательство НОРМА, 2001. 400 с.

34. **Комплексная геолого-экономическая оценка рудных месторождений (основы методики) / Быбочкин А. М., Быховский Л. З., Воробьев Ю. Ю. и др.** М.:Недра, 1990. 326с.

35. **Королев О. Е.** Малышевское рудоуправление. Добыча и переработка изумрудоносной руды / Горный журнал, Известия ВУЗов, 1993. №11 С.53-57.

36. **Коц Г. А., Чернопяттов С. Ф., Шманенков И. В.** Технологическое опробование и картирование месторождений. М.:Недра, 1980. 288 с.

37. **Курманкожаев А. К.** Методы оценки уровня качества и потерь руд (по выемочным единицам рудника). Алма-Ата: Наука, 1990. 188 с.

38. **Курский А. Н., Штейников А. В., Данилин Д. Н.** Новые подходы к применению соглашений о разделе продукции на месторождениях твердых полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2001..№ 3. С.68-74.

39. **Макаров В. А.** Геолого-технологические основы ревизии техногенного минерального сырья на золото. Красноярск, 2001. 132 с.

40. **Методика геолого-экономической переоценки запасов месторождений твердых полезных ископаемых по укрупненным показателям.** М.:ВИЭМС, 1996. 29 с.

41. **Методика определения предотвращенного экологического ущерба.** М., 1999.

42. **Методическое пособие по расчету налогов и платежей, связанных с использованием и загрязнением окружающей среды / Пахальчак Г. Ю., Пермяков С. А., Хохряков А. В., Игнатьева М. Н., Ларионова И. В. / под общей редакцией М. Н. Игнатьевой.** Екатеринбург, 2003. 92 с.

43. **Методические рекомендации по геолого-экономической и денежной оценке месторождений полезных ископаемых в условиях рыночной экономики / Денисов М. Н., Кац А. Я., Регентов С. Н. М.:ВИЭМС, 1993. 62 с.**

44. **Методические рекомендации по геолого-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев).** М.:ГКЗ, 1999. 75 с.

45. **Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция) / Коссов В. В., Лившиц В. Н., Шахназаров А. Г. и др. М.:ОАО "НПО" Изд-во "Экономика", 2000. 421 с.**

46. **Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию постоянных кондиций для подсчета запасов месторождений углей и горючих сланцев.** М.:ГКЗ, 2000. 42 с.

47. **Методические указания по геолого-экономической оценке промышленного значения месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев).** М.:ВИЭМС, 1996. 22 с.

48. Мочалова Л. А., Игнатьева М. Н., Пахальчак Г. Ю. Управление природоохранной деятельностью горнодобывающего предприятия: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000. 173 с.

49. **Налоговый** кодекс Российской Федерации. Часть вторая. 6-е изд.- М.: "Ось-89", 2003. 368 с.

50. Неженский И. А., Павлова И. Г. Методические основы оценки стоимости российских недр // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1995. № 4. С.13-18.

51. **Нетрадиционные** ресурсы минерального сырья / Арбатов А. А., Астахов А. С., Лаверов Н. П., Толкачев М. В. М.: Недра, 1988. 253 с.

52. Николаева Г. А. Амортизация. М.: "Издательство ПРИОР", 2002. 128 с.

53. **Осколков В. А.** Облицовочные камни месторождений СССР: Справочное пособие. М.: Недра, 1984. 192 с.

54. **Паршев А. П.** Почему Россия не Америка. Книга для тех, кто остается здесь. М.: "Крымский мост -9Д", 2003. 411 с.

55. **Петруха Л. М., Панов Ю. К., Дворник Г. П.** Опробование, оконтуривание и подсчет запасов месторождений. / Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине "Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых". Часть 2. Екатеринбург, Изд. УГГГА, 1999. 40 с.

56. **Погребницкий Е. О., Терновой В. И.** Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Л.: Недра, 1974. 304 с.

57. **Подсчет** запасов нефти, газа, конденсата и содержащихся в них компонентов: Справочник / И. Д. Амелин, В. А. Бадьянов, Б. Ю. Вендельштейн и др. М.: Недра, 1989. 270 с.

58. **Поленов Ю. А., Огородников В. Н.** Художественная обработка камнесамоцветного сырья. Часть II. Требования промышленности к камнесамоцветному сырью: Учебно-методическое пособие. Екатеринбург, 1996. 156 с.

59. **Положение** о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). М.: ВИЭМС, 1999. 28 с.

60. **Прохоров Б. Б.** Природные условия и жизнедеятельность населения. Новая Россия. М., 1994. 102 с.

61. **Разовский Ю. В.** Горная рента. М.: ОАО "НПО" Изд-во "Экономика", 2000. 281 с.

62. **Рудничная** геология: Учеб. пособие для вузов / В. Ф. Мягков, А. М. Быбочкин, И. И. Бугаев и др. М.: Недра, 1986. 199 с.

63. **Сборник** нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. М.: ГКЗ, 1998. 319 с.

64. **Соколовский Ю. А.** Экономика разведки и оценки недр. М.: Недра, 1989. 191 с.

65. **Справочник** по геохимическим поискам полезных ископаемых / А. П. Соловов, А. Я. Архипов, В. А. Бугров и др. М.: Недра, 1990. 325 с.

66. **Справочник** по инженерной геологии. – 3-е изд. / Под ред. М. В. Чуринова. М.: Недра, 1981. 325 с.

67. **Технологическая** оценка минерального сырья. Методы исследования: Справочник / Под ред. П. Е. Остапенко. М.: Недра, 1990. 264 с.

68. **Ткачев Ю. А.** Плата за недра. Спб.: Недра, 1998. 168 с.

69.Томаков П. И., Коваленко В. С., Михайлов А. М., Калашников А. Т. Экология и охрана природы при открытых горных работах: Учеб.пособие. 2-е изд. М.:Изд.МГГУ, 2000. 417 с.

70.Трубецкой К. Н., Краснянский Г. Л., Хронин В. В. Проектирование карьеров: Учеб.для вузов: В 2т. М.:Издательство Академии горных наук, 2001. т.1. 519 с.

71.Угрюмов А. Н., Дворник Г. П., Балахонов В. С. Опыт мелкообъемного шлихового опробования делювиальных отложений при поисках золотосодержащих меднопорфировых и золоторудных джаспероидных месторождений / Геология, поиски и разведка рудных и нерудных полезных ископаемых: Межвуз.науч.темат.сб. Свердловск, 1988. С.44-48.

72.Халимов Ю. Э., Колесникова Н. В., Халимов Э. М. О реализации нефтегазовых проектов СРП в России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2000. №3. С.29-37.

73.Хохряков В. С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых: Учеб. для техникумов 5.-е изд. М.:Недра, 1991. 336 с.

74.Чайников В. В. Системная оценка техногенных месторождений // Геологические методы поисков, разведки и оценки месторождений полезных ископаемых. Вып.6-7. М.: ЗАО "Геоинформмарк". 1999. 75с.

75.Черных А. Д., Брюховецкий О. С. Эффективность открыто-подземной разработки месторождений полезных ископаемых / ЦИИЦВЕТМЕТ экономики и информации, Горное дело, Обзорная информация, выпуск 2. М., 1998. 52 с.

76.Экологически чистое производство: подходы, оценка, рекомендации. Учебно-методическое пособие / Игнатьева М. Н., Мочалова Л. А., Лобанов В. И. и др. Екатеринбург, 2000. 394 с.

77.Экономика горного предприятия: Учебное пособие – 2-е изд. / Стровский В. Е., Макарова С. В., Игнатьева М. Н. и др. Екатеринбург: Изд-во УГТГА, 2000. 349 с.

78.Экономика и управление геологоразведочным производством: Учебно-методическое пособие / Под.ред. В. П. Орлова, С. Ж. Даукеева – Москва – Алматы. 1999. 248 с.

79.Экономическая и социальная география России: Учебник для вузов / Под ред. проф. А. Т. Хрущева. М.:Дрофа, 2002. 672 с.

80.Яковлев В. Л., Бурыкин С. И., Стахеев Н. Л. Основы стратегии освоения минеральных ресурсов Урала. Екатеринбург: УРО РАН, 1999. 280 с.

Заявки на книгу направлять по адресу:
620144, г.Екатеринбург, ул.Куйбышева, 30.
Уральская государственная горно-геологическая академия

Кафедра геологии, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

Учебное издание

Геннадий Петрович Дворник
Александр Николаевич Угрюмов

**Геолого-экономическая оценка месторождений
полезных ископаемых и техногенного сырья**

Учебное пособие

Редактор Ж. И. Пионтик
Компьютерная верстка Е. Ф. Сарманова

Подписано в печать 05.01.04г. . Бумага писчая. Формат 60×84 1/16.
Печать офсетная. Печ. л. 13,25 . Уч-изд. л. 10.0 . Тираж 300. Заказ 48

Издательство
620144 г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия

АООТ "Полиграфист", цех № 4
620151, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, 20

