

Карагандинский государственный технический университет

УДК 553.04(574)

На правах рукописи

ИСАТАЕВА ФАРИДА МУРАТОВНА

**Разработка теоретических и практических аспектов геолого–экономической
оценки месторождения Кусмурын**

6D070600 – «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Диссертации на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научные консультанты:
Доктор технических наук,
профессор Портнов В.С.

Доктор геолого-минералогических наук,
доктор географических наук, доктор
технических наук, председатель
Государственной комиссии Украины по
запасам полезных ископаемых, профессор
Рудько Г.И.

Республика Казахстан
Караганда, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУСМУРЫН	11
1.1 Общие сведения о районе месторождения	11
1.2 Стратиграфия	14
1.3 Тектоника и интрузивные породы	19
1.4 Характеристика рудных тел месторождения Кусмурын	23
1.5 Тектурно-структурные особенности и вещественный состав различных типов руд	24
1.5.1 Описание первичных руд (основной промышленный тип)	24
1.5.2 Описание смешанных руд	30
1.5.3 Описание окисленных руд	33
1.5.4 Химический состав первичных сульфидных и смешанных руд	33
1.5.5 Тектурно-структурные особенности первичных сульфидных и смешанных руд	36
1.6 Исследование специфики горнотехнических условий эксплуатации месторождения	38
2 ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АКТУАЛЬНЫХ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУСМУРЫН	47
2.1 Критический анализ действующих параметров кондиций для подсчета запасов	47
2.1.1 Оценка надежности принятой объемной массы руд для подсчета запасов	50
2.2 Структура запасов месторождения	54
2.3 Повариантный подсчет запасов	57
3 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	70
3.1 Общие принципы геолого-экономической оценки месторождений	70
3.2 Современные методы экономической оценки месторождений полезных ископаемых и проблемы выбора единого критерия оценки	75
3.3 Учет временного фактора в экономическом оценивании месторождений полезных ископаемых	83
4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ СХЕМЫ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУСМУРЫН	90
4.1 Экономические аспекты отработки месторождения Кусмурын	90
4.2 Актуальная финансово-экономическая модель эксплуатации месторождения Кусмурын	99

4.2.1 Горные работы	99
4.2.2 Экономические показатели	103
4.2.3 Экономические показатели извлечения попутных компонентов	104
4.3 Модификация геолого-экономической оценки запасов месторождения с учетом мировой практики	107
4.4 Адаптация Казахстана к международным подходам геолого-экономической оценки запасов полезных ископаемых	112
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	123
ПРИЛОЖЕНИЕ	131

ОБОЗНАЧЕНИЯ СОКРАЩЕНИЯ

КарГТУ – Карагандинский государственный технический университет

ТОО – Товарищество ограничено ответственностью

МИИИР – Министерство индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан

KAZRC – Казахстанский кодекс публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и минеральных запасов

CRIRSCO - Комитет по международным стандартам отчетности по запасам полезных ископаемых

ГКЗ СССР - Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых

ЧТС (NPV) - Чистая текущая стоимость

ГРР – геологоразведочные работы

ПРИ – показатель рентабельности инвестиции

ОФ – Обоганительная фабрика

ТЭО – Технико-экономическое обоснование

ИПДДО - Инициатива прозрачности деятельности добывающих отраслей

- в сфере недропользования Казахстан активизирует действия по реализации целевых установок вхождения в тридцатку стран-членов ОЭСР

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Долгосрочные интересы Казахстана состоят в создании экономики инновационного типа, оптимальным образом интегрированной в мировое технологическое и экономическое пространство [1-5].

Совершенствование геолого-экономической оценки месторождения Кусмурын, осуществляемое с учетом реформы Министерство индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан в сфере недропользования. Обосновано тем, что из 3407,7 тыс.т. запасов медной руды месторождения на сегодняшний день отработано 2739,6 тыс.т. На предприятии ТОО «Гео-KZ» стоит задача рентабельной отработки оставшихся запасов месторождения. Для этого необходимо подсчитать несколько вариантов отработки месторождения.

Осуществляемые реформы в сфере недропользования Казахстана неразрывно связаны с изучением закономерностей развития минерально-сырьевой базы и совершенствованием геолого-экономической оценки месторождений [6,7]. В геологоразведочной отрасли, одной из приоритетных отраслей экономики страны по уровню технической оснащенности, наблюдается снижение экономического и производственного потенциала. Многие годы приоритет отдавался обоснованию эффективности освоения разведанных запасов уже открытых месторождений. По мере перемещения геологоразведочных работ в труднодоступные районы, ухудшения горно-геологических параметров разработки возникла острая потребность в геолого-экономической оценке месторождений, располагающих прогнозными ресурсами полезных ископаемых, но характеризующихся низкой степенью изученности и не имеющих необходимой инфраструктуры [8,9].

Геологоразведочная отрасль рассматривается как начальное звено и основа будущего бесперебойного функционирования всего минерально-сырьевого комплекса страны. Особая роль в наращивании уровней добычи и обеспечении прироста минерально-сырьевой базы страны отведена Центральному Казахстану. При этом экономическая сторона геологоразведочной деятельности изучена недостаточно. Экономические показатели отрасли сводятся к приросту запасов и динамике физических объемов работ. В то же время геолого-экономическая оценка месторождений, имеет особую значимость в период не только трансформационных преобразований, смены одной хозяйственной системы другой, но и в условиях усложнения геологоразведочных работ, когда требуется выявить объективные закономерности развития геологоразведочного производства как специфической сферы экономической деятельности. [10-12].

Ключевым условием решения важных социально-экономических и демографических региональных проблем, перехода от сырьевой и транзитной стратегии развития регионов к экономике инновационного типа является глубокое изучение закономерностей развития минерально-сырьевой базы, на основе совершенствования методологии комплексной (геолого-экономической) оценки месторождений [13].

Тем не менее, в условиях современного недропользования еще не сформирована общепринятая методика геолого-экономической оценки месторождений, отсутствует системный подход к её проведению [14-16].

Многие годы приоритет отдавался обоснованию эффективности освоения разведанных запасов, запасов уже открытых месторождений. По мере истощения природных богатств Казахстана, перемещения геологоразведочных работ в труднодоступные районы и акватории, ухудшения горно-геологических параметров разработки возникла острая потребность в экономической оценке новых территорий, располагающих прогнозными ресурсами, но характеризующихся низкой степенью изученности и не имеющих необходимой транспортной, энергетической и перерабатывающей инфраструктуры [17-19]. Все это определяет актуальность темы данного исследования, его научную и практическую значимость.

Степень изученности проблемы. В диссертации исследованы и отражены научные труды в области развития методики и методологии геолого-экономической оценки природных ресурсов.

В диссертации рассмотрены труды ведущих отечественных и зарубежных ученых, прежде всего в области геолого-экономической оценки природных ресурсов, экономической эффективности воспроизводства минерально-сырьевой базы, инвестиционных проектов в горно-геологическом комплексе.

Научные работы отечественных и зарубежных ученых И.Х. Абрикосова, А.А. Арбатова, А.С. Астахова, Ю.Н. Батурина, Г.И. Рудько, А.А. Гатова, Т.А. Герта, К.Г. Гофмана, Л.П. Гужновского, Г.Х. Дикенштейна, А.А. Ильинского, С.Я. Кагановича, А.Б. Каждана, О.С. Краснова, М.Г. Лейбсона, Мазурова А.К.Г.М. Мкртчяна, В.Д. Наливкина, В.Н. Назарова, П.Б. Никитина, Т.С. Новикова, В.П. Орлова, Б.В. Робинсона, В.И. Татаренко, Б.С. Ужкенова, П. Кобахидзе и других посвящены различным проблемам воспроизводства минерально-сырьевой базы, геолого-экономической оценке природных ресурсов,

Вопросы экономической эффективности геологоразведочных работ нашли отражение также в работах Л.Б. Каждана, Н. Кобахидзе, М.И. Агошкова, Н.А. Быховера, Н.В. Володомонова, Н.В. Пашкевич и других авторов.

Проблему отраслевой принадлежности геологоразведочных работ рассматривали Кантор, Е.А. Соловьева, Н.Г. Фейтельман, С.Р. Кондин, Г.Г. Гудалин, М.М. Перкуль, С.Г. Струмилин, Н.В. Володомонов, Ю.А. Воронин и другие исследователи.

Исследования в области методов стимулирования вложения капитала в геологоразведочную деятельность и компенсации геологического риска проводили Д.Х. Хосколд, Ж. Матерон, Ю.А. Ткачев, А.А. Конопляник, М.А. Субботин, М.К. Клубничкин и другие ученые и специалисты.

Цель: разработка теоретических и практических аспектов геолого-экономической оценки месторождения Кусмурын

Для достижения поставленной цели в рамках исследования были решены **следующие задачи:**

- изучены особенности геологического строения и вещественный состав руд месторождения;

- на основе геолого-экономической оценки месторождения Кусмурын, обоснован оптимальный вариант отработки запасов;

- разработана геолого-экономическая модель эксплуатации месторождения Кусмурын.

Объект исследования – колчеданно-медно-свинцово-цинковое месторождение Кусмурын.

Предмет исследования – теоретические основы и методические подходы к геолого-экономической оценке месторождений.

Теоретическая и методологическая база исследования. Исследования автора носили комплексный характер и включали в себя: анализ и научное обобщение геологических, технологических, геолого-экономических материалов; маркетинговые исследования; экономический и инвестиционный анализы.

В диссертации использован комплексный метод исследований, включающий обобщение и анализ казахстанского опыта обоснования требований к качеству минерального сырья, геолого-минералогические исследования и химический анализа и технико-экономические расчеты по месторождению Кусмурын.

Основные защищаемые положения:

1. Производство теллурида меди и селена черного, а также сернокислотное производство являются нерентабельными, поэтому все попутные компоненты являются экономически неактивными и подлежат переводу в забалансовые

2. С позиции геолого-экономической оценки месторождения Кусмурын, оптимальным способом отработки запасов выбран подземный способ;

3. Совокупность методов основы оценки запасов минерального сырья, позволило создать геолого-экономическую модель

Научная новизна исследования:

- геолого-экономическая **модель** месторождения Кусмурын разработана с учетом инновационных инструктивных требований KAZ RC на основе ТЭО кондиций на твердые полезные ископаемые;

- с учетом новых результатов геологоразведочных работ 2017 г. по месторождению Кусмурын, обоснован экономически целесообразный вариант отработки запасов;

- на базе анализа результатов лабораторно-технологических исследований доказано нецелесообразность вовлечения в переработку попутных компонентов (S, Cd, Se, Te).

Обоснованность и достоверность полученных результатов определяются квалифицированным применением совокупности современных методов научного исследования, сравнительным анализом результатов, использованием экономической и геологической информации о месторождении Кусмурын, соответствующих современному этапу

технологического развития, учетом региональной специфики в части природно-климатических и горно-геологических условий, проведением вариантных расчетов и практической апробацией результатов.

Достоверность научных положений и выводов подтверждается надежностью и представительностью исходных статистических данных, сопоставимостью результатов научных исследований, обработанных методами математической статистики.

Практическая значимость работы.

Полученные результаты диссертационной работы дополняют научную базу геолого-экономической оценки месторождения Кусмурын и используются для совершенствования научной основы прогнозирования ТОО «GEO-KZ» и могут быть использованы для технико-экономической оценки других месторождений Казахстана и обоснования методов их отработок.

Теоретические, методические и практические рекомендации и результаты исследования могут быть использованы для решения актуальных задач, связанных с повышением точности расчетов геолого - экономического эффекта и качества оценки освоения природных ископаемых, при формировании политики геологического изучения месторождений Казахстана. Практическая ценность проведенных автором исследований состоит также в разработке рекомендаций по обоснованию требований к качеству сырья. Это позволит устанавливать конкретные условия вовлечения в разработку природного сырья отличного по составу, использования различных физико-технических и физико-химических геотехнологий.

Подтверждением сказанного является внедрение результатов диссертации в практическую деятельность ТОО «GEO-KZ» (г. Усть - Каменогорск).

В качестве информационной и аналитической базы материалы и результаты исследования могут быть использованы при разработке стратегических документов по освоению месторождений на региональном уровне.

Результаты диссертационного исследования можно применять в качестве учебно - методических материалов для студентов экономических и технических специальностей вузов и колледжей при изучении различных сторон геолого-экономической оценки месторождений.

Материалы диссертации использованы автором в учебном процессе КарГТУ при проведении практических занятий у студентов специальности 6М070600 Геология и разведка месторождений полезных ископаемых, что подтверждено актом внедрения.

Информационная база исследования – аналитические разработки, программные и официальные документы Министерства национальной экономики РК, законодательная и нормативная база недропользования в Казахстане. В работе использованы опубликованные и фондовые материалы научно-исследовательских институтов Казахстана, специализированные периодические издания, публикации в средствах массовой информации.

Апробация результатов исследования.

Ключевые положения диссертационной работы докладывались на

международном симпозиуме и конференциях: XXII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», (Томск, 2018); Республиканской студенческой научной конференции «Вклад молодежной науки в реализацию Стратегии «Казахстан-2050» (Караганда, 2018); Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения № 10) (Караганда, 2018); Сборник международной научно-практической конференции «Центр научного развития» (Москва, 2018).

Получен патент РК «Способ ядерно-физического анализа геологического керна» (в соавторстве).

Имеется свидетельство интеллектуальной собственности «Экономика минеральных ресурсов», «Радиометрическая разведка» (Программа для ЭВМ) (в соавторстве).

Фактический материал и личный вклад автора

В диссертационной работе, выполненной на кафедре «Геологии и разведки МПИ» КарГТУ, учтены научно - исследовательские результаты коллективов Казахстана (РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан», Усть-Каменогорск; ТОО «Казахмыс Эксплорэйшн», Караганда; ТОО «Корпорация Казахмыс»; Головной проектный институт, Астана), с которыми автор сотрудничал и консультировался.

Автор работал с архивными материалами по месторождению Кусмурын в отделе государственного баланса и геологических фондов Республиканского государственного учреждения «Восточно-Казахстанский межрегиональный департамент геологии и недропользования Комитета геологии и недропользования Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан «Востказнедра» (г. Усть-Каменогорск, 2018г.).

Аналитические исследования по теме диссертации, ознакомление с зарубежным опытом по рассматриваемой проблеме проводились автором во время научных стажировок в Державній комісії України по запасах корисних копалин (Государственной комиссии Украины по запасам полезных ископаемых) (г. Киев, 2018г.) и в ТОО «GEO-KZ» (г. Усть-Каменогорск, 2019 г.).

В диссертацию включен материал семинара по внедрению международного стандарта отчетности CRIRSCO по запасам твердых полезных ископаемых и SPE PRMS по запасам углеводородного сырья (г. Астана, 2017 г.), в работе которого автор принимал участие.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 статей, в том числе 4 статьи из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки, 2 статьи в изданиях, индексированных в информационной базе Scopus.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников. Объем диссертации составляет 140 страницы текста, включая 18 рисунков, 38

таблиц.

Благодарности

Автор выражает благодарность научному консультанту - д.т.н., проф. Портнову В.С. и зарубежному консультанту - д.т.н., д.г.н., д.г-м.н., Председателю Государственной комиссии Украины по запасам полезных ископаемых, проф. Рудько Г.И.

Автор благодарит коллектив кафедры «Геологии и разведки МПИ» КарГТУ, членов Государственной комиссии Украины по запасам полезных ископаемых за ценные советы и замечания.

1. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУСМУРЫН

1.1 Общие сведения о районе месторождения

Месторождение располагается на территории Аягозского района Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан (рисунок 1.1). Ближайшим населённым пунктом является п. Корык, расположенный на расстоянии около 38 км на юго-восток от месторождения, до районного центра г. Аягоз – 210 км на юго-восток, до областного центра г. Усть-Каменогорск – 380 км на северо-восток. Ближайшие железнодорожные станции расположены на следующих расстояниях:

- ст. Карагайлы 210 км (по существующей автодороге);
- ст. Аягоз 260 км на юго-восток (по существующей автодороге).



Рисунок 1.1 – Картограмма расположения месторождения Кусмурын

Вблизи от месторождения на расстоянии около 2,0 км проходит автомобильная дорога республиканского значения Аягоз-Баршата-Кайнар. Климат района резко континентальный с резкими суточными и годовыми колебаниями температур, характеризуется холодной зимой и жарким, сухим летом

Существующая высоковольтная линия электропередачи достаточна для обеспечения рудника электроэнергией.

В целом, экономически район месторождения достаточно слабо освоен, основной отраслью хозяйства является скотоводство. Местные строительные

материалы представлены строительным камнем, известняком, гравием, песком.

Месторождение Кусмурын было открыто А.Ж. Машановым, Р.М. Мухамеджановой в 1939-41 гг. при производстве поисковых работ в пределах Космурун-Акбастауской структурно-металлогенической зоны и в последующем изучалось В.Ф. Беспаловым, Г.Д. Ганженко, В.А. Керасиловым, В.И. Наливаевым, Н.В. Полянским. М.А. Яренской, А.К. Каюповым, А.Д. Каиповым, Т.М. Жаутиковым.

Реализованный в 1957 г. комплекс детальных геолого-геофизических работ выявил большой по площади интенсивный ореол рассеяния меди, в пределах которого наблюдались повышенные содержания свинца, цинка и следы золота. Проведение первых буровых работ, бурение трех скважин севернее железной шляпы, которыми на различных интервалах были подсечены рудные метасоматически измененные породы с промышленными содержаниями меди, дало возможность отнести рудопоявление к разряду перспективных [20-23].

В 1958-1976 гг. буровые работы проводились по стадиям, в результате чего установлено, что это месторождение отличается повышенным содержанием меди и цинка, как в приповерхностных смешанных рудах, так и в сульфидных рудах. Были разведаны пять линзовидных рудных тел протяженностью по простиранию до 350 м, по падению – до 650 м при мощности 2-75 м. Первичные руды колчеданные, сплошные и прожилково-вкрапленные, среднее содержание золота – 1,12 г/т, меди – 3,37 %, цинка – 1 %. Месторождение было отнесено к 3 группе сложности. Результатом геологоразведочных работ явился генеральный подсчет запасов месторождения Кусмурын по состоянию на 01.10.1976 г.

В настоящее время недропользователем на месторождении является ТОО «Корпорация Казахмыс» на основании Контракта на добычу (регистрационный номер 2139К Д от 01.09.2006 г.). Месторождение организационно относится к ПО «Карагандацветмет» ТОО «Корпорация Казахмыс».

В 6 км на северо-запад от месторождения Кусмурын расположен действующий рудник «Акбастау», с комплексом промышленных зданий и вахтовым поселком. На руднике «Акбастау» ТОО «Корпорация Казахмыс» осуществляет добычу медных руд с последующей транспортировкой автотранспортом на Карагайлинскую обогатительную фабрику. В северо-западном направлении на расстоянии около 40 км располагается золотосодержащее месторождение «Мизек» с существующим вахтовым поселком, добыча окисленной руды на котором завершена, начинается строительство обогатительной фабрики и рудника для комбинированной системы добычи золото-медных руд.

Запасы месторождения Кусмурын отрабатывались ТОО «Корпорация Казахмыс» открытым способом в период 2006-2008 гг. по рабочей документации «Опытно-промышленная отработка Верхнего рудного тела месторождения Космурун», выполненной Жезказганским проектным институтом.

При отработке запасов карьера происходили оползневые явления в северном и южном бортах карьера. Было зарегистрировано развитие трещин и осыпей. В 2008 году произошли обрушения в северном,

западном и южном бортах карьера, вовлекшие в обрушение части транспортного съезда. В соответствии с «Заключением о состоянии устойчивости бортов карьера «Кусмурын», выполненного ТОО «Альянс» от 25.06.2008 г., горные работы на карьере «Кусмурын» были остановлены и карьер был временно законсервирован [24-26].

В 2006-2008 гг. переработка добытой товарной руды производилась на Карагайлинской обогатительной фабрике (КОФ). Кроме того, ранее добытая и хранящаяся на рудном складе руда в 2011 году была отправлена на КОФ в количестве 118 967 т руды с содержанием меди 2,18 % (2598 т), цинка 1,86 % (2208 т), золота 1,81 г/т (216,484 кг) и серебра 24,87 г/т (2959 кг); в 2016 году была отправлена для переработки на Балхашскую обогатительную фабрику (БОФ) в объеме 119 104 т с содержанием меди 2,3 % (2741,036 т), цинка 2,36 % (2810,862 т), серебра 43,16 г/т (5140,02 кг) и золота 2,26 г/т (269,649 кг).

Горные работы в 2010-2018 годы на месторождении не проводились в связи с консервацией рудника [27-29].

В 2010-2019 гг. продолжались геологоразведочные работы, с целью совершенствования технологии переработки руд, изучения глубоких горизонтов месторождения и флангов, поисковые работы в пределах рудного района.

В результате проведенных геологоразведочных работ, была разработана улучшенная технологическая схема переработки медно-цинковых руд на основе представительной технологической пробы с дополнительным финансированием геологоразведочных работ в объеме 4 млн. долл.

В 2010-2012 гг. проведено технологическое картирование, доразведка флангов месторождения и инженерно-геологическое бурение с определением физико-механических свойств пород для определения устойчивости бортов при углублении карьера.

Более детальное исследование керна и рост достоверности геомеханической оценки горного массива были достигнуты благодаря высокому уровню геологоразведочных работ последних этапов. Реализация программы доразведки месторождения дали положительные результаты, позволили пересмотреть оптимальные углы бортов как существующего, так и проектного карьера [20,21].

Всего на месторождении в процессе геологоразведочных работ на 01.01.1976 г. было пробурено 41 700 пог.м поисково-разведочных скважин, в 1977-1980 гг. – дополнительно пробурено 11 скважин объемом 7 640 пог. м, в 2010-2012 гг. – 26 скважин объемом 13 006 пог. м, в 2016 г. – осуществлено технологическое бурение 6 мелких скважин в контуре карьера и произведен отбор двух лабораторных технологических проб [21].

Основным потребителем продукции, выпускаемой на Карагайлинской и Балхашской обогатительных фабриках (медных концентратов) является Балхашский медеплавильный завод.

Оставшиеся запасы балансовой руды категории C_1+C_2 на 01.01.2019 года составили: 18 240,8 тыс. т, что при проектной производительности в 1000,0 тыс. тонн обеспечивает работу рудника Кусмурын в течение 18,3 лет. Данные запасы приведены без учета проведенной доразведки, по которой отмечается

существенный прирост запасов.

В последние годы на Карагайлинской обогатительной фабрике перерабатывается руда месторождений Абыз и Акбастау, сырьевая база которых истощается и не позволяет задействовать фабрику на проектную мощность [30,31].

Месторождение Кусмурын в перспективе будет являться ключевым сырьевым источником медной и медно-цинковой руды для Карагайлинской обогатительной фабрики, входящей в состав ТОО «Корпорация Казахмыс». На оставшихся балансовых запасах строительство подземного рудника является нерентабельной, поэтому в настоящей работе рассмотрена целесообразность добычи руды с учетом доразведки месторождения, проведенной в 2012-2017 гг., и текущей конъюнктуры сырья (меди, цинка, золота, серебра), в том числе рассмотрена целесообразность вовлечения в переработку попутных компонентов месторождения (серы, кадмия, селена, теллура).

Добытую руду месторождения Кусмурын предусматривается автотранспортом доставлять на Карагайлинскую обогатительную фабрику, где будет производиться обогащение руды методом флотации с получением медного концентрата, с последующей отправкой по железной дороге на Балхашский медеплавильный завод, где в результате плавки концентратов будет произведена катодная медь.

1.2 Стратиграфия

В общем плане региональных геологических структур, исследуемая в диссертации площадь, располагается на границе двух крупных складчатых систем: Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория и Джунгаро-Балхашского мегасинклинория (рисунок 1.2).

Если говорить о стратиграфии, то необходимо отметить, что в геологическом строении района принимает участие сложный комплекс осадочных, вулканогенных и интрузивных пород широкого возрастного диапазона.

В пределах площади месторождения Кусмурын развиты вулканогенные породы среднего-верхнего ордовика, преимущественно терригенные осадки акдомбакской свиты верхнего карадока и ашгиллия, интрузивные образования экстррузивной, субвулканической и гипабиссальной фаций верхне-ордовикского и постверхне-ордовикского возраста.

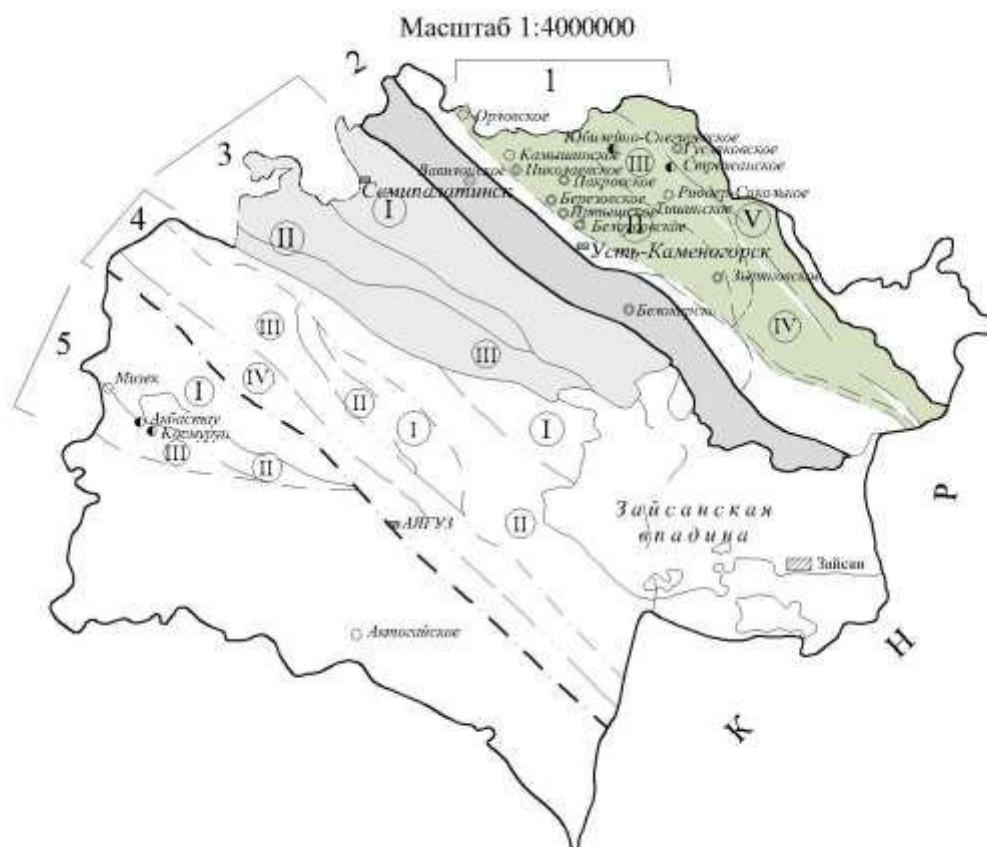


Рисунок 1.2 – Чингиз-Тарбагатайского мегантиклинория и Джунгаро-Балхашского мегасинклинория

Эффузивная фация пород, согласно принятой стратиграфической схеме для Акбастау-Кусмурынского рудного поля, представлена на месторождении двумя толщами: нижней – преимущественно эффузивной и средней – эффузивно-вулканокластической.

Нижняя толща (O^1_{2-3c}) вытягивается сравнительно узкой полосой (до 350 м) в субмеридиональном направлении на 800-850 м в районе разведочных линий I-VIII. Породы нижней толщи в подавляющей своей массе под воздействием гидротермальных процессов превращены в серицитовые кварциты, серицито-кварцевые, хлорит-серицито-кварцевые образования, в которых только микроскопически улавливаются реликты первичных структур. Видимая мощность толщи – 450 м.

В разрезе описываемой толщи в пределах месторождения выделяются две пачки: нижняя – существенно порфиритовая и верхняя, объединяющая разнообразный комплекс обломочных пород.

Породы нижней пачки представлены лавами и брекчиевидными разностями дацитового, андезито-дацитового и андезитового состава, в пределах которых локализуются рудные тела II и III и сопровождающие их рудные линзы и жилы.

Породы верхней пачки, вмещающие Верхнее и 1 рудные тела, представлены метасоматитами с сохранившимися реликтами первичных обломочных структур, среди которых встречаются «останцы» умеренно измененных пород – туфов смешанного, преимущественно кислого состава: туфопесчаников, туфоалевролитов, кремнистых алевролитов и лавокластов. Пирокластический материал в туфах смешанного состава представлен обломками андезитовых и андезито-дацитовых порфиритов, стекла, перлитов, вулканического пепла, кристаллокластами плагиоклаза, кварца, эпидота, пироксена, пирита и серноколчеданных руд.

Средняя толща (O^2_{2-3c}) слагает западную часть рудного поля месторождения Кусмурын и имеет видимую мощность – 400 м. В разрезе толщи в пределах месторождения выделяются две пачки: нижняя – пирокласто-осадочная и верхняя – преимущественно лавокластическая.

Нижняя пачка сложена туфогенными песчаниками и алевролитами, тонкослоистыми туффитами, кристаллокластическими туфами среднего состава с подчиненным количеством кластолав в верхах разреза. Видимая мощность – не более 200 м.

Верхняя пачка залегает согласно на туфогенно-осадочных образованиях нижней пачки и сложена кластолавами и брекчиевыми лавами андезито-базальтового, андезитового, реже – андезито-дацитового состава с линзами и прослоями туфопесчаников, туфоалевролитов, туффитов и туфов смешанного состава. Видимая мощность – не более 200 м. Обломочный материал в кластолавах представлен порфиритами андезитового и андезито-дацитового состава, туфами среднего состава, кремнистыми алевролитами, туфопесчаниками, кварцитоподобными образованиями с рассеянной мелкой вкрапленностью пирита. Цемент лавовый, преимущественно андезитового состава, чаще пиелотакситовой структуры.

Терригенные осадки акдомбакской свиты развиты в южной части рудного поля месторождения и представлены песчаниками, алевролитами, углистыми алевролитами, гравелитами, известняками и, редко – андезитовыми порфиритами неясного генезиса.

Отложения описанной свиты прослеживаются в меридиональном направлении через всю площадь месторождения, не образуя маркирующих горизонтов. Четкой фациальной изменчивости пород по простиранию не установлено.

Интрузивные образования экструзивной фации представлены на месторождении взрывными брекчиями, метасоматически переработанными в серицито-кварцевые и хлорит-серицито-кварцевые породы. Они зафиксированы во многих скважинах разведочных линий IIa, III, IV, IVa. В своей локализации взрывные брекчии пространственно тяготеют к верхней части разреза нижней рудовмещающей толщи, слагая межпластовые и неправильной формы тела, мощностью от 5 до 50 м и протяженностью до 400-500 м.

Образование взрывных брекчий тесно связано во времени с конечными этапами формирования нижней толщи и серно-колчеданным синвулканическим оруденением. На них накладывается бедная медно-полиметаллическая минерализация, не образующая промышленных концентраций; в то же время взрывные брекчии пространственно четко контролируют I-III рудные тела месторождения со стороны висячего бока.

Интрузивные образования субвулканической фации пользуются значительным распространением в пределах рудного поля месторождения Кусмурын. Они представлены плагиоклазовыми, пироксен-плагиоклазовыми, андезитовыми и андезито-базальтовыми порфиритами и их миндалекаменными разностями, линзообразные, штокообразные и дайкообразные тела которых, как правило, вытянуты в субмеридиональном направлении. Порфириты прорывают вулканогенные образования нижней и средней толщ, что зафиксировано во многочисленных горных выработках и буровых скважинах и, в свою очередь, секутся дайками плагиогранит-порфиров.

Интрузивные образования гипабиссальной фации представлены кварцевыми диоритами, диоритами, реже – гранодиоритами, плагиогранит-порфирами, кварцевыми порфирами и диоритовыми порфирами Кусмурынского массива, развитыми в восточной части рудного поля. В пределах Кусмурынской и Кусмурын-Бабанской зон гранитоиды гидротермально изменены и участками преобразованы в серицито-кварцевые породы.

На месторождении значительным развитием пользуются не выходящие на поверхность дайки плагио-аплит-порфиров и плагио-гранит-порфиров, зафиксированные во многих скважинах разведочных линий II, IIa, III, IV, IVa. Простирание даек северо-северо-восточное, падение западное, крутое (до 85°), мощность от 1-2 до 20 м. Длина их по простиранию не менее 600 м, по падению – не оконтурены.

Дайки порфиров прорывают вулканогенные образования нижней и средней толщ, а также субвулканические пироксен-плагиоклазовые порфириты. При

этом, порфиры в рудовмещающей нижней толще не затронуты околорудным метаморфизмом и стерильны в отношении сульфидной минерализации.

По данным петрографических и петрохимических исследований, в пределах рудовмещающей зоны месторождения Кусмурын проявились процессы синвулканической пропилитизации и гидротермального метасоматоза [32].

Синвулканическая пропилитизация, пространственно и генетически, связана с ранней стадией вулканической деятельности. Пропилитовые изменения являются продуктами деятельности газо-гидротермальных растворов, сопровождающих излияние лав среднего и кисло-среднего состава (нижняя толща) [33-36].

Ранняя синвулканическая пропилитизация носила площадной характер и распространялась на всю мощность вулканогенных пород нижней толщи. Изменения выразились в обогащении зоны новообразованиями кварца, альбита, хлорита, серицита, карбоната и других метаморфических минералов. При пропилитизации средне-кислых лав происходило образование кварцитоподобных пропилитов.

В тесной пространственной связи с процессами пропилитизации находится ранняя пиритовая минерализация, рассеянная в контурах пропилитизированных пород.

Процессы гидротермального метаморфизма проявились в три этапа: дорудный, синрудный и пострудный.

Дорудные метасоматиты в рудовмещающей зоне представлены пропилитовой, серицито-кварцевой, профиллитовой, алунитовой, диаспоровой и монокварцевой фациями.

Гидротермальная пропилитизация накладывается на ранние синвулканические пропилиты и имеет локальный характер проявления со стороны висячего бока рудного тела II.

Серицито-кварцевая фация объединяет кварцево-серицитовые, серицито-кварцевые, серицит-хлорито-кварцевые и хлорит-серицито-кварцевые образования, которые среди метасоматитов рудовмещающей зоны имеют наибольшее распространение. Они развиты со стороны висячего и лежащего боков рудных тел I, II и III. За счет проявления процессов каолинизации образования серицито-кварцевой фации со стороны висячего и лежащего боков Верхнего рудного тела превращены в кварц-каолиновые породы.

Среди пород серицито-кварцевой фации по текстурно-структурным особенностям выделяются массивные (серицитовые кварциты) и сланцевые разновидности, а по степени сохранности они подразделяются на:

1) серицито-кварцевые образования, первичная природа которых более или менее легко диагностируется;

2) серицито-кварцевые образования с трудноуловимыми следами первичных структур порфиритов андезито-дацитового и андезитового состава, а также обломочных пород [37-39].

Минеральная фация пиррофиллитсодержащих пород развита, в основном, в лежащем боку рудных тел, где они самостоятельных тел не образуют; они

развиваются по образованиям серицито-кварцевой фации, образуя среди них отдельные участки.

Алунитовые, диаспоровые кварциты и монокварциты в рудовмещающей зоне образуют отдельные линзообразные тела, распространенные в южной части площади месторождения.

Синрудные гидротермальные метасоматиты в рудовмещающей зоне месторождения представлены медными и медно-полиметаллическими рудами, слагающими Верхнее рудное тело, а также рудные тела I, II и III.

Пострудные образования в пределах рудовмещающей зоны слагают маломощные прожилки кварцевого, баритового, кварц-баритового и кальцитового состава, секущие руды в различных направлениях.

Со стороны висячего и лежащего боков рудного тела развиты кварцево-серицитовые, серицито-кварцевые, серицит-хлорито-кварцевые и хлорит-серицито-кварцевые образования. По степени сохранности материнской породы большей частью развиты метасоматические образования, первичная природа которых более или менее легко диагностируется и, реже, встречаются метасоматиты с трудноуловимыми следами первичных структур порфиритов андезито-дацитового и андезитового состава, а также обломочных пород.

1.3 Тектоника и интрузивные породы

Структурно-тектонический план района предопределен деятельностью складчато-разрывных процессов каледонского и герцинского тектономагматического цикла, которые обусловили образование разрывных и складчатых структур [40-42]. Крупные разрывные нарушения района, такие как: Шоптыкольский, Северо- и Южно-Жауртагинский, Северо-Акбастауский, Западно-Акчатауский, Основной, Южный и др. ориентированы в северо-западном направлении и осложняются разрывными нарушениями более высокого порядка, имеющими субмеридиональное, северо-восточное и субширотное простирания. Наиболее крупными складчатыми структурами района являются в северо-восточной части района Жауртагинская антиклиналь, в юго-западной части – Акбастауская и Мизекская брахиантиклинали.

В связи с тем, что основные медно-колчеданные месторождения района (Акбастау и Кусмурын) в своем пространственном размещении контролируются Акбастауской антиклиналью, ниже дается более подробная характеристика этой тектонической структуры.

Месторождения Акбастау и Кусмурын располагаются в северо-западном периклинальном погружении Акбастауской антиклинали, ядро которой сложено вулканогенными образованиями среднего-верхнего ордовика, прорванными интрузиями Бабанского и Кусмурынского массива, крылья – преимущественно терригенными осадками акдомбакской свиты верхнего карадока и ашгиллия, а также нерасчлененными отложениями верхнего ордовика – нижнего силура.

Акбастауская антиклиналь осложнена пликативными структурами более

брекчиями и повышенной трещиноватостью пород, контролируется экструзивными и субвулканическими телами дацитовых, андезитовых и базальтовых порфиритов, отмечается зоной значительных градиентов и переходов от относительно высоких значений магнитного поля к низким.

Основной разлом относится к типу нарушений взбросо-сдвигового характера, вертикальная амплитуда смещения не превышает 300 м, горизонтальная – не менее 400 м, при этом величина сдвиговой составляющей уменьшается к северо-западу.

Роль Основного разлома в формировании месторождений Акбастау и Кусмурун огромна. Наряду с другими крупными разломами, он способствовал заложению и функционированию Кусмурынско-го и Акбастауского вулканических аппаратов. С его неоднократными подновлениями в последующее время связаны: образование одноименных зон смятия, дробления и процессы рудообразования. Основной разлом и оперяющие его нарушения северо-восточного простирания выполняют роль как рудоконтролирующих, так и рудолокализирующих элементов структуры рудных полей вышеупомянутых месторождений.

Таким образом, на основании приведенных данных и прилагаемых графических материалов можно сделать вывод, что месторождение Кусмурун в геологических структурах района приурочено к северо-западному периклинильному погружению Акбастауской антиклинали и располагается в пределах Юго-Западного тектонического блока, где рудные тела месторождения контролируются зонами смятия северо-восточного простирания, оперяющими Основной разлом.

В пределах изучаемого района развит специфический комплекс интрузивных пород, близких по петрохимическим и генетическим признакам. По глубинности формирования можно выделить экструзивные, субвулканические и гипабиссальные фации интрузивных пород.

а) Интрузивные породы экструзивной фации, слагающие вулканические каналы, приуроченные к узлам сопряжения нарушений северо-западного и северо-восточного направлений, известны на месторождениях Акбастау, Кусмурын и Мизек. Они представлены взрывными брекчиями, флюидальными дацитовыми и андезито-дацитовыми порфиритами и их брекчиевидными разностями. Экструзивные образования по химическому составу и петрохимическим свойствам сходны с лавами нижней эффузивной толщи.

б) Интрузивные породы субвулканической фации, развитые в районе, по структурным и петрохимическим особенностям занимают промежуточное положение между эффузивными и экструзивными образованиями, с одной стороны, и гипабиссальными интрузиями – с другой.

Породы субвулканической фации залегают в виде тел, имеющих неправильные формы, и реже они образуют дайки и маломощные линзовидные тела [43,44]. По составу среди них выделяются андезито-дацитовые порфириты, андезито-базальтовые и базальтовые порфириты.

в) *Интрузивные породы гипабиссальной фации*, в основном, развиты к востоку от месторождения Акбастау, где они слагают Кусмурынский и Бабанский массивы, имеющие лакколитоподобную форму. Массивы сложены кварцевыми диоритами, диоритами, гранодиоритами; в эндоконтакте отмечаются габбро-диориты, диоритовые порфириды, сиенито-диориты, плагиогранит-порфиры, кварцевые порфиры. По химическому составу и петрохимическим характеристикам интрузивные породы гипабиссальной фации отвечают типовым кварцевым диоритам.

Определенный научно-практический интерес представляет исследование петрофизических свойств пород и руд, особенностей геофизических полей [45 - 47].

Анализ геофизических полей произведен на основе сводных карт магнитного и гравитационного полей, различного вида трансформаций, полученных при статистической обработке исходных материалов. Более полная и достоверная картина о месторождении Кусмурын получена путем сравнения аномалий с месторождением Акбастау.

Анализ физических свойств горных пород показывает их изменчивость в широких пределах, специфические свойства рудоносных образований и руд могут служить критерием для выявления и оценки геофизических аномальных полей [48].

По магнитной восприимчивости четко дифференцируются интрузивные тела ($1120-1750 \times 10^{-6}$ ед. СГСМ) и лавы ($253-720 \times 10^{-6}$ ед. СГСМ) основного и среднего состава. Гидротермально измененные породы ($4-40 \times 10^{-6}$ ед. СГСМ) и колчеданные руды ($80-106 \times 10^{-6}$ ед. СГСМ) практически немагнитны, что служит признаком для выделения участков, перспективных на колчеданно-полиметаллическое оруденение. Отрицательные аномалии магнитного поля наблюдаются в районе как исследуемого в диссертации месторождения Кусмурын, так и месторождений Акбастау и Мизек, Кусмурын-Бабанской и Архарлинской зонах, в узле сочленения Основного и Бабанского разломов, вдоль Северного разлома и в южном контакте Кусмурынского массива. Господствующим направлением линейно-вытянутых аномалий является северо-западное, которое в южной части района приобретает субширотное, в северо-западной переходит в меридиональное, что обусловлено простиранiem геологических структур. По характеру магнитного поля вертикальная мощность диоритов Бабанского массива увеличивается с запада на восток.

Плотность горных пород района колеблется в пределах $2,48-2,90$ г/см³, а колчеданных руд – $3,7-5,4$ г/см³, при средней величине $4,7$ г/см³. В целом гравитационное поле района характеризуется постепенным понижением с юго-востока на северо-запад, что подтверждает погружение Акбастауской антиклинали в этом направлении.

1.4 Характеристика рудных тел месторождения Кусмурын

В строении месторождения участвуют андезит-дацитовые и андезитовые порфириты, их лавобрекчии, кристалло-литокластические и кристалло-витрокластические туфы, туфопесчаники, алевролиты, алевропелиты средне-верхнекарадокского возраста. Широко распространены субвулканические тела андезито-базальтовых и базальтовых порфиритов [48].

Лежащий бок рудной зоны сложен крупным, возможно, экструзивным телом дацитовых порфиров. Восточная часть площади месторождения сложена породами диорит-тоналит-плагиограитовой интрузии позднеордовикского кусмурунского комплекса. Падение пород юго-западное под углами 40-80°.

Оруденение приурочено к Кусмурунской зоне рассланцевания и трещиноватости в краевой части контактовых метасоматитов Кусмурунского интрузивного массива. Околорудные изменения – пропилитизация, березитизация, алунитизация. Выявлено пять субсогласных с вмещающими породами рудных тел линзо-пластообразной формы. Протяженность рудных тел по простиранию 52-380 м, по падению 40-646 м, мощность 1-76,6 м. Руды в основной массе колчеданно-медно-цинковые. Отношение свинца, цинка и меди в сплошных рудах 1:4:7.

Основные минералы руд: пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды; второстепенные – борнит, энаргит, марказит, мельниковит, золото; нерудные минералы – кварц, барит, хлорит, серицит, сидерит.

Элементы-примеси – мышьяк, золото, серебро, кадмий, висмут, молибден, селен, теллур, галлий, германий, индий, таллий.

Текстура руд массивная, брекчиевая, брекчиево-полосчатая, вкрапленная и прожилково-вкрапленная.

Зона окисления распространена до глубины 40-48 м. В ней выявлены гипергенные минералы меди, цинка, свинца и гидрооксиды железа.

Среднее содержание меди в рудах 1,77 %, цинка 1,0 %, свинца 0,25 %, золота 1,4 г/т, серебра 20 г/т.

Месторождение отнесено к средним по запасам [49].

Месторождение представлено двумя рудными зонами – Верхней и Главной.

Верхняя рудная зона приурочена к флексурообразному изгибу туфогенно-осадочных пород. Главная рудная зона сменяет её на глубине 150-200 м, смещаясь в направлении лежащего бока на 80-100 м. В целом месторождение имеет столбовидную форму, удлиненную по падению: соотношение протяженности по падению к протяженности по простиранию равно 2,5:1.

Каждая из выделенных рудных зон, в свою очередь, состоит из нескольких сближенных субпараллельных рудных тел и линз. Как в целом рудные зоны, так и отдельные рудные тела, за исключением Верхнего рудного тела, не имеют четких геологических границ и устанавливаются по данным химических анализов. На погоризонтных геологических планах и разрезах контуры Главной рудной зоны определены по содержанию условной меди, равной 0,2-0,7%, среди которых, исходя из установленного кондициями бортового и минимального

промышленного содержания меди, выделены рудные тела, содержащие промышленные запасы основных и попутных компонентов.

Верхняя рудная зона. В этой зоне выделено Верхнее рудное тело и рудные линзы I, II и III, сложенные смешанными медными и медно-цинковыми рудами. Рудное тело почти нацело сложено сплошными колчеданами и поэтому имеет четкие границы с вмещающими серицито-кварцевыми породами. В зоне окисления Верхнего рудного тела по данным опробования оконтурено золоторудное тело.

Балансовые запасы руды и металлов Верхнего рудного тела подсчитаны по категории C₁, а рудных линз – по категории C₂.

Главная рудная зона обладает разнообразием руд от сплошных колчеданных, тяготеющих ближе к висячему боку, до прожилково-вкрапленных, которые слагают основную её массу.

В общем контуре имеем дело с линзовидным телом, относительно компактным в нижней своей части и ветвящимся по восстанию и простиранию (к северному флангу). Разветвления руд сопровождаются клиновидными прослоями слабо минерализованных и пустых пород, заходящими из вмещающей толщи. Это послужило одной из причин разделения рудной зоны на ряд самостоятельных рудных тел, выделено 16 рудных тел, по 9 из которых подсчитаны запасы. Общая протяженность зоны по простиранию 300 м, по падению – 580-600 м. Наибольшая мощность в средней части (раздуве) (на горизонтах 400-500 м) достигает 100-120 м, средняя 70-80 м.

1.5 Текстурно-структурные особенности и вещественный состав различных типов руд

Результаты проведенных минераграфических и химико-аналитических исследований позволяют выделить на месторождении три природных типа руд: а) первичные сульфидные; б) смешанные; в) окисленные.

1.5.1 Описание первичных руд (основной промышленный тип)

Этот тип руд слагает рудные тела I, II и III, в которых заключены основные балансовые запасы руды и металлов. Принадлежность перечисленных рудных тел к типу первичных сульфидных руд устанавливается по данным рациональных анализов, выполненных в процессе технологических исследований. Результаты рациональных анализов первичных руд приводятся в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты рациональных анализов первичных руд

Форма соединений	Содержания по данным технологических проб, %		
	Номера технологических проб		
	3	4	14
1	2	3	4
Медь общая	<u>3,95</u> <u>100</u>	<u>2,20</u> <u>100</u>	<u>3,81</u> <u>100</u>

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
в т.ч.: первично-сульфидная	$\frac{3,2}{81,0}$	$\frac{2,17}{98,6}$	$\frac{3,3}{86,6}$
вторично-сульфидная	$\frac{1,25}{17,75}$	$\frac{0,16}{0,7}$	$\frac{0,43}{11,3}$
Окисленная	$\frac{0,05}{1,25}$	$\frac{0,03}{0,4}$	$\frac{0,08}{2,1}$
Сульфатная	$\frac{<0,001}{1}$	-	-
Цинк общий	$\frac{1,05}{100}$	$\frac{0,47}{100}$	-
в т.ч.: первично-сульфидный	$\frac{1,045}{99,5}$	$\frac{0,45}{95,8}$	-
Карбонатный	-	-	-
Силикатный	-	-	-
Сульфатный	$\frac{0,005}{0,5}$	$\frac{0,02}{4,2}$	-

Примечание: в числителе – абсолютное содержание элемента,
в знаменателе – относительное содержание элементов.

Петрографическими исследованиями прозрачных шлифов установлено, что первичные сульфидные руды месторождения сложены кварц-серицитовыми, кварц-серицито-хлоритовыми, серицито-хлоритовыми и хлорит-серицито-кварцевыми породами. Перечисленные разновидности гидротермально измененных пород обычно не имеют четких геологических границ. Наибольшее распространение среди них получили кварц-серицитовые разности.

Минеральный состав

Основными рудными минералами, слагающими первичные сульфидные руды месторождения, являются пирит и халькопирит, в верхних горизонтах присутствует сфалерит, галенит, блеклая руда и мельниковит-пирит. Жильные минералы представлены кварцем, баритом, хлоритом, серицитом и гипсом.

Рудные и жильные минералы по времени выделения и их количественному соотношению образуют сплошные и прожилково-вкрапленные руды, среди которых по содержанию меди, свинца и цинка выделяются медный и медно-цинковый минералогические типы руд.

Сульфидной основой обоих типов руд является пирит, что подтверждается соотношением содержаний главных компонентов в сульфидной массе, приведенным в таблице 1.2.

Количественное соотношение перечисленных типов следующее: сплошные руды – 17 %, в том числе медные – 5,7 %, медно-цинковые – 12,3 %; прожилково-вкрапленные – 82 %, в том числе медные – 65 %, медно-цинковые – 17 %.

Таблица 1.2 - Соотношение содержаний главных компонентов в сульфидной массе

Типы руд	Сумма содержаний Cu, Pd, Zn, %	Соотношение содержаний, %			
		сера	медь	цинк	свинец
Сплошные и прожилково-вкрапленные сульфидные руды:					
а) медные	100	82,9	14,0	2,8	0,3
б) медно-цинковые	100	88,0	9,0	2,7	0,3

В размещении минералогических типов руд отчетливо проявляется зональность как в продольном, так и в поперечном разрезах первичных сульфидных руд. На погоризонтных планах по простиранию с северо-запада на юго-восток отмечается следующая последовательная смена минеральных типов – сплошные медные, сплошные цинково-медные, прожилково-вкрапленные цинково-медные, прожилково-вкрапленные медные. Последние сменяются некондиционной сульфидной, преимущественно, пиритовой зоной минерализации.

Зональность в размещении минералогических типов руд по восстанию первичных сульфидных руд в разведочной линии III выглядит снизу-вверх следующим образом: прожилково-вкрапленные медные руды, прожилково-вкрапленные медно-цинковые руды, сплошные медно-цинковые, сплошные медные. Поперечная зональность первичных сульфидных руд на горизонте +500 м с северо-запада на юго-восток выглядит следующим образом: сплошные медные, сплошные медно-цинковые, прожилково-вкрапленные медно-цинковые, прожилково-вкрапленные медные.

По вертикали разновидности сплошных руд, а также прожилково-вкрапленные медно-цинковые руды распространены до глубины 380-400 м (до горизонта +400 м). Ниже этого горизонта первичные сульфидные руды представлены полностью прожилково-вкрапленным медным минералогическим типом руд.

Решающее значение среди перечисленных минералогических типов руд принадлежит прожилково-вкрапленному медному типу. От общих балансовых запасов месторождения запасы прожилково-вкрапленных медных руд составляли около 65 %.

Контуры балансовых запасов прожилково-вкрапленных медных руд не имеют четких геологических границ и определяются с учетом установленного бортового и минимально-промышленного содержания, по данным химических анализов проб.

Медно-цинковый тип среди прожилково-вкрапленных руд имеет ограниченное распространение. Он вскрыт буровыми скважинами в разведочной линии III, в верхней части рудных тел II и III, где среднее содержание цинка в руде достигает 1 %. Южнее разведочной линии III среднее содержание цинка в скважинах уменьшается до 0,04-0,21 % и руды переходят в медные. Медно-цинковые руды не имеют четких геологических границ, поэтому при данной

плотности разведочной сети не поддаются геометризации. На графических материалах контуры их определены условно по данным химических анализов проб.

Сплошные руды, в основном, распространены на северо-западном фланге месторождения, между разведочными линиями II и III^a. Контакты их с вмещающими породами, как правило, резкие и четко контролируются межслоевыми тектоническими нарушениями. Отдельные минералогические типы сплошных руд не имеют между собой четко выраженных границ. На прилагаемых графических материалах контуры их определены по данным химических анализов. Переходы от сплошных руд к прожилково-вкрапленным постепенные, границы между ними определяются по интенсивности сульфидной минерализации.

Основные рудные минералы, слагающие сплошные и прожилково-вкрапленные руды образуют три последовательные минеральные ассоциации: пиритовую, пирит-халькопиритовую и халькопирит-сфалеритовую.

Пиритовая ассоциация представлена метаколлоидным колломорфно-зональным пиритом I, который образует крупные скопления, линзочки и сгусткоподобные обособления в сплошных медных рудах и полностью отсутствует в медных прожилково-вкрапленных рудах. С ним ассоциируют мельниковит-пирит и марказит.

Пирит-халькопиритовая ассоциация представлена пиритом II и халькопиритом. В виде микроскопических включений в них постоянно содержится борнит, теннантит, линнеит, сфалерит, пирротин, галенит, реже отмечаются самородное золото, молибденит, арсенопирит, клокманит и тетрадимит.

Пирит слагает основную массу прожилково-вкрапленных и вкрапленных медных руд, значительно реже он присутствует в сплошных медных и медно-цинковых рудах, являясь наиболее ранним минералом пирит-халькопиритовой ассоциации. Этот пирит имеет правильные кристаллографические формы, что является одной из отличительных его черт в сравнении с ранним пиритом I. Кристаллически-зернистый пирит наблюдается в виде вкрапленности (иногда очень густой) изометричных и, реже, неправильных зерен размером 0,05 м. Иногда вкрапленность сгущается настолько, что образуются сплошные гнездообразные скопления. Зерна пирита содержат микропойкилитовые включения халькопирита и сфалерита.

Халькопирит цементирует зерна пирита в гнездовых скоплениях, заполняет трещины в пиритовых агрегатах. Во вмещающих породах образует неправильные выделения размером от 0,01 до 0,1 мм. В относительно крупных обособлениях халькопирита наблюдаются мелкие включения пирита, сфалерита и галенита. Борнит образует неправильные выделения в кварце, концентрируется среди пирита, цементируя его, образует неправильные (до 0,2 мм) включения с прямолинейными контурами в халькопирите. С краев и по трещинам выделений борнита развиваются мелкие пластинки халькопирита.

Молибденит встречается в виде гнездовых скоплений пластинчатых образований в кварцевых прожилках, изогнутых пластин по периферии зерен пирита и халькопирита, а также розетковидных выделений в халькопирите и кварце.

Линнеит обнаружен в сплошных и вкрапленных рудах на различных горизонтах месторождения. Отмечается он в пирите, сфалерите, но чаще всего в халькопирите. Размер зерен от тончайших выделений до 0,2 мм. Форма ромбовидная, изометричная, удлиненная, октаэдрическая и неправильная. В более крупных образованиях линнеита иногда встречаются мельчайшие включения пирита и халькопирита.

Пирротин является довольно распространенным минералом. Обычно он образует удлиненные и овальные формы включений в пирите и халькопирите. Со сфалеритом образует структуры взаимных границ. Величина зерен не превышает сотых долей мм.

Тетрадимит постоянно отмечается в халькопирите в виде пластинчатых образований, иногда в сростании с гесситом, галенитом и сфалеритом. С гесситом он образует структуры взаимных прорастаний. Наибольшая величина выделений тетрадимита достигает 0,04 мм.

Арсенопирит обнаружен всего в нескольких шлифах. Образует он как обособленные мелкие ромбовидные формы включений в кварц-карбонатной породе, так и тесные сростания с основными минералами. Иногда кристаллы арсенопирита корродированны халькопиритом.

Клокманит обнаруживается в сплошных, реже – прожилково-вкрапленных рудах. Размер выделений варьирует от одного до десяти микрон. Представлен пластинчатыми скоплениями зерен: иногда встречаются зернистые и игольчатые агрегаты, а также неправильные выделения в халькопирите.

Наиболее характерными химическими элементами пирит-халькопиритовой ассоциации являются: медь, сера, железо, селен, теллур, молибден и кобальт.

Халькопирит-сфалеритовая ассоциация слагает в основном сплошные медные и полиметаллические руды, которые тяготеют к верхним горизонтам месторождения.

Основными рудными минералами халькопирит-сфалеритовой ассоциации являются сфалерит и халькопирит, а второстепенными – пирит с теннантитом и галенитом. В конце этой ассоциации контрастно проявлена галенит-теннантит-сфалерит-золотая парагенетическая ассоциация минералов, главнейшей особенностью которой является повышенное содержание в ней золота, серебра, селена, теллура, мышьяка, сурьмы, кадмия и присутствие большинства этих элементов в собственных минералах: прустит, алтаит, петцит, гессит, клаусталит, энаргит, люцонит, гринокит, тетрадимит, самородное золото, серебро и электрум.

Сфалерит в сплошных рудах образует пятнистые и полосчатые обособления, реже – рассеянную вкрапленность среди халькопирит-пиритовой массы. Размер выделений от сотых долей мм до нескольких см, форма ангедральная. В прожилково-вкрапленных рудах сфалерит отмечается в виде

мелких (до 0,5 мм) обособлений в кварцевых прожилках и в сростании с галенитом и теннантитом. В этих рудах сфалерит представлен клейофаном, в то время как в сплошных разностях отмечаются более темные сфалериты, приближающиеся к марматитам.

Галенит концентрируется в сплошных рудах. Он, как и прочие сульфиды, выполняет различные пустотки и трещинки в тонкоагрегатном и колломорфном пирите I, концентрируется по границам зерен халькопирита и сфалерита; наблюдается в виде мельчайших включений в халькопирите, сфалерите и пирите. В прожилково-вкрапленных рудах галенит является редким минералом. Для галенитов характерны высокие концентрации серебра, селена и теллура.

Блеклая руда присутствует как в сплошных, так и в прожилково-вкрапленных рудах. Она образует сложные взаимоотношения с главными сульфидными минералами, выполняя тончайшие трещинки и пустотки в тонкоагрегатном пирите, халькопирите, сфалерите [50,51]. Блеклая руда выделилась позже пирита, халькопирита, сфалерита, но почти одновременно с галенитом и самородным золотом.

Химическим и рентгеноструктурным анализами установлена принадлежность блеклой руды к теннантиту.

Золото постоянный спутник основных и второстепенных сульфидных минералов [52,с.126]. Микроскопические его выделения зафиксированы во всех типах руды и на разных глубинах. Частота встречаемости находится в зависимости от степени сульфидной насыщенности и характера минеральных ассоциаций. Наиболее часто оно обнаруживается в сплошных полиметаллических рудах. Ассоциирует золото с халькопиритом, теннантитом, сфалеритом, галенитом, кварцем и пиритом. Величина зерен колеблется в пределах тысячных, реже – сотых и очень редко – десятых долей мм. Форма выделений неправильная, прожилковая, изометричная.

Серебро ассоциирует с халькопиритом, теннантитом, пиритом, сфалеритом, галенитом, кварцем. В значительной степени серебро связано с поздней полиметаллической ассоциацией и лишь в единичных случаях зафиксировано в пирите и халькопирите. Встречается самородное серебро в виде точечных выделений, мелких зерен неправильной овальной формы и оторочек вокруг сульфидных минералов. Размер выделений не более 0,005 мм.

Прустит ассоциирует с кварцем, халькопиритом, сфалеритом и галенитом. Нередко приурочен к пустоткам во вмещающей породе и располагается на контактах с основными сульфидными минералами. Наблюдаются выделения его в виде прожилков совместно с карбонатом в кварце. Форма выделений неправильная, максимальные размеры достигают долей миллиметра.

Клаусталит встречен в единственном шлифе в виде каплевидного выделения в галените, размером до сотых долей миллиметра.

Энарцит и люционит обычно наблюдаются в тесном прорастании между собой или же в виде обособленных мелких неправильных включений в сфалерите и халькопирите, реже, в сростании с блеклой рудой и галенитом. Энарцит совместно с гринокитом образует прожилковидные выделения в

сфалерите. Размеры выделений этих минералов достигают десятых долей миллиметра. Люцит в отличие от энаргита обладает более отчетливо заметным темновато-оранжевым оттенком и несколько большей отражательной способностью.

Гессит отмечен в нескольких аншлифах, отобранных на различных глубинах месторождения. Зерна гессита имеют неправильную и удлиненную форму. Размеры выделений измеряются тысячными долями миллиметра. Гессит обнаруживается в халькопирите и кварце в виде самостоятельных образований или в сростании с тетрадимитом, петцитом, теннантитом и золотом.

Алтаит и *петцит* являются очень редкими на месторождении минералами. Оба они находятся в ассоциации с пруститом, энаргитом, халькопиритом и золотом. Петцит установлен только в блеклой руде. Алтаит образует эмульсионные выделения в галените, халькопирите.

1.5.2 Описание смешанных руд

На месторождении Кусмурын смешанные руды выделены по содержанию первичных и вторичных соединений меди и цинка, с учетом требований кондиций. Среднее содержание первичных и вторичных соединений меди и цинка в руде определялось при технологических исследованиях смешанных руд. Результаты этих исследований приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Соединения меди и цинка в руде по данным технологических проб

Форма соединений	Содержание, %			
	Технолог. проба 2		Технолог. проба 9	
	абсолют.	относит.	абсолют.	относит.
1	2	3	4	5
Медь				
Первичные сульфиды	1,68	38,7	1,62	36,9
Вторичные сульфиды	2,54	58,1	2,58	58,8
Сульфаты	0,03	0,7	0,05	1,1
Окисленные соединения	0,11	2,5	0,14	3,2
Общее содержание	4,36	100	4,36	100
Цинк				
Первичные сульфиды	1,32	59,1	3,46	96,2
Сульфаты	0,16	7,2	0,04	1,0
Окисленные формы и силикаты	0,44	19,88	0,10	2,8
Общее содержание	2,23	100	3,6	100

Смешанными рудами сложены Верхнее рудное тело и линзы I, II и частично III. От общих балансовых запасов месторождения, запасы, заключенные в смешанных рудах, составляли по данным отчета 1976 г.: руды – 13 %, меди – 17 %, цинка – 49 %, свинца – 29 %.

По актуальному пересчету на текущую дату, запасы смешанных руд, оставшиеся на месторождении Кусмурын после отработки карьером,

составляют: 9,6 % (3122,7 тыс. тонн) руды от общих запасов месторождения по действующим параметрам кондиций; 12,1 % меди (110,2 тыс. тонн); 24,2 % цинка (54,5 тыс. тонн); 23,0 % золота (6163 кг); 13,7 % серебра (70,9 тонн); 29,5 % свинца (12,2 тыс. тонн при содержании 0,39 %) [21,53-55].

Основными рудными минералами в смешанных рудах являются: пирит, халькопирит, сфалерит, халькозин, ковеллин, блеклая руда, галенит, изредка встречаются смитсонит, англезит, золото самородное.

Пирит встречается кристаллический и метаколлоидный. Кристаллический пирит получил более широкое распространение. Он образует сплошные агрегаты, в промежутках между зернами пирита присутствуют неправильные выделения халькопирита, халькозина, ковеллина, реже – сфалерита, блеклой руды и галенита, иногда кварца.

Некоторые агрегаты пирита трещиноватые. Трещины выполнены чаще всего халькопиритом, иногда сфалеритом, халькозином, ковеллином, блеклой рудой.

Травлением концентрированной азотной кислотой выявляется мелкозернистое строение сплошных агрегатов пирита и иногда зонально-колломорфное строение отдельных зерен.

Кристаллический пирит образует также отдельные разрозненные включения в других минералах. Это либо изометричные, иногда хорошо ограненные зерна размером от 0,01-0,02 мм до 0,06-0,08 мм, либо скопления этих зерен размером до 0,1-0,2 мм среди халькопирита, сфалерита или среди вмещающих пород.

Тонкодисперсный пирит встречается в виде скоплений размером до нескольких миллиметров среди кристаллически-зернистого пирита или среди выделений сфалерита и нерудных минералов.

Иногда наблюдаются колломорфные образования пирита в виде округлых почек, часто совместно со сфалеритом, или же кольцеобразных зонально-колломорфных стяжений и округлых глобулей.

В ряде случаев центральные части мелких глобулярных образований пирита слагаются мельниковит-пиритом. Размеры метаколлоидных образований колеблются в пределах от 0,03-0,05 до 0,1 и более миллиметров.

Изредка наблюдается марказит в виде мелких (размером от 0,02 до 0,06 мм) зернистых скоплений среди пирита.

Халькопирит встречается в виде неправильных и прожилковидных выделений в промежутках между зернами пиритового агрегата. Иногда он образует густую сеть прожилков. Размеры выделений халькопирита колеблются в пределах от 0,01-0,02 до 0,4 мм. Чаще всего встречаются выделения размером от 0,03-0,04 до 0,07-0,08 мм, реже – более 1 мм.

Часто халькопирит ассоциирует со сфалеритом и блеклой рудой.

Относительно крупные обособления халькопирита (размером до 1-2 мм) содержат мелкие зерна пирита размером от 0,005 до 0,02 мм и, реже, неправильные включения сфалерита, блеклой руды и галенита.

Иногда наблюдается тончайшая эмульсионная вкрапленность и мелкие неправильные сростки халькопирита в сфалерите.

Сфалерит так же, как и халькопирит, образует неправильные выделения (размером от 0,02 до 0,2 мм) в промежутках между зернами пиритового агрегата и прожилки мощностью 0,01-0,03 мм. Чаще всего размеры сфалеритовых выделений колеблются в пределах от 0,03 до 0,075 мм. Относительно крупные скопления сфалерита встречаются редко. Обычно это гнездообразные, прожилковидные и неправильные выделения размером от 0,5 мм до 1-2 и более сантиметров, содержащие многочисленные включения изометричных зерен пирита, мелкие вроски халькопирита, блеклой руды и галенита размером от 0,02-0,03 до 0,08-0,1 мм. Иногда сфалерит содержит тонкую эмульсионную вкрапленность халькопирита, распределенную либо беспорядочно, либо по кристаллографическим направлениям. Довольно четко, но в меньшей степени, чем халькопирит, сфалерит замещается ковеллином.

Наряду с кристаллическим сфалеритом отмечается также тонкодисперсный сфалерит. Обычно он тесно ассоциирует с метаколлоидным (тонкодисперсным) пиритом и образует с ним совместные колломорфные стяжения.

Халькозин замещает халькопирит по тончайшим (0,005-0,02 мм) трещинкам и с краев выделения его, образуя такие же тонкие (0,01-0,05 мм) каемки. Цвет халькозина голубой, при травлении HNO_3 синее.

Ковеллин развивается по халькопириту и сфалериту. Он образует каемки вокруг выделений этих минералов, пронизывает в виде прожилков и часто полностью замещает их. Встречаются довольно крупные выделения ковеллина (размером более 1-2 мм) и прожилки мощностью до 1-2 мм. Чаще же ковеллин присутствует в виде неправильных выделений размером от 0,02 до 0,1-0,2 мм, расположенных в промежутках между зернами пиритового агрегата и прожилков мощностью от 0,005 до 0,1 мм.

Оторочки ковеллина вокруг выделений сфалерита и халькопирита имеют мощность 0,002-0,06 мм.

Изредка среди ковеллина наблюдаются мелкие выделения халькозина.

Блеклая руда встречается в виде неправильных выделений размером от 0,03 до 0,1 мм в промежутках между зернами пиритового агрегата. Иногда ассоциирует с халькопиритом и сфалеритом.

Галенит, как и блеклая руда, присутствует в подчиненном количестве. Образует неправильные выделения среди пиритового агрегата и вроски (размером от 0,01 до 0,07 мм) среди относительно крупных выделений сфалерита, реже – среди халькопирита. Изредка, относительно крупные скопления галенита (размером от 0,1-0,3 до 1 мм) содержат выделения халькопирита, сфалерита и изометричные зерна пирита размером до 0,02-0,03 мм.

Золото наблюдается среди сульфидов в виде мелких выделений размером 0,005x0,01 мм; 0,02x0,1 мм; 0,01x0,03 мм.

Смитсонит встречен в виде неправильных сгустков и мелких (до 0,5 мм) сферолитовых выделений в сфалерите. В шлифах смитсонит диагностируется по

высоким показателям преломления, чрезвычайно высокому двупреломлению [56,57].

Англезит установлен в тонком срастании с галенитом. С краев выделений галенита англезит образует удлиненно-призматические выделения размером 0,03х0,2мм и более. Иногда наблюдаются выделения англезита ромбовидной формы в сечении. Отражательная способность англезита низкая. Кислотами не травится.

Основная масса (95 %) смешанных руд представлена сплошными рудами, которые слагают Верхнее рудное тело. Прожилково-вкрапленными смешанными рудами сложены линзы I, II и III.

Сплошные руды, слагающие Верхнее рудное тело, по содержанию меди и цинка подразделяются на медные и медно-цинковые. Запасы медных руд от общих запасов Верхнего рудного тела составляют 64%, а медно-цинковых – 36% (по данным отчета 1976 г.). Границы между отмеченными типами руд четко не проявляются и определяются по данным опробования. Медные руды распространены, в основном, на северо-западном фланге месторождения. В юго-восточном направлении отмечается постепенная смена медного типа руд медно-цинковым.

1.5.3 Описание окисленных руд

Окисленные руды развиты в зоне окисления Верхнего рудного тела. Последняя (зона окисления) подразделяется на две подзоны – подзону полного окисления и подзону выщелачивания. Подзона полного окисления к настоящему времени отработана (добыча производилась старательской артелью комбината «Майкаинзолото»). Подзона выщелачивания представлена барито-опаловой и пиритовой сыпучкой. Последняя залегает в основании залежи в виде пласта мощностью 3-6 м, располагающегося непосредственно на «голове» Верхнего рудного тела. Контурсы рудного тела определяются только химическими анализами проб.

Основные полезные компоненты в окисленных рудах представлены золотом и серебром. Помимо этих элементов химическими анализами установлены: свинец, барий, сера, селен, теллур, мышьяк, сурьма, молибден, висмут и таллий. Золото является основным промышленно ценным минералом зоны окисления и под микроскопом фиксируется во всех гипергенных образованиях. Форма выделения: овальная, каплевидная, пленочная выполнения микротрещин.

Золотосодержащим рудам зоны окисления свойственны массивные, брекчиевидные, пористые, пятнистые текстуры. Кроме указанных текстур отмечаются сфалеритовые, каркасные, полосчатые, губчатые, почковидные и сетчато-прожилковые

1.5.4 Химический состав первичных сульфидных и смешанных руд

Средний химический состав первичных и смешанных руд по данным технологических исследований приводится в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Химический состав первичных и смешанных руд по данным технологических исследований

Компоненты	Первичные сульфидные руды			Среднее содержание, %	Смешанные руды		Среднее содержание, %
	содержание по технологическим пробам, %				содержание по технолог. пробам, %		
	3	4	14		2	9	
1	2	3	4	5	6	7	8
Медь	3,95	2,5	3,93	3,46	4,37	4,33	4,35
Цинк	1,05	0,7	0,56	0,77	2,42	3,00	2,71
Свинец	0,08	0,13	0,07	0,09	0,68	0,68	0,68
Железо	23,0	25,02	17,24	21,75	38,17	35,85	37,01
Сера общая	25,5	39,16	20,4	28,35	43,25	44,78	44,02
Сера сульфатная	-	-	0,30	0,30	1,27	-	1,27
Марганец	0,04	0,05	<0,005	0,0316	-	-	-
Мышьяк	0,063	0,083	0,0035	0,05	0,18	0,18	0,18
Сурьма	0,007	-	0,056	0,03	0,03	0,011	0,02
Золото, г/т	0,95	0,9	0,5	0,78	2,5	3,90	3,2
Серебро, г/т	19,0	15,2	26,3	20,17	47,6	52,1	49,85
Кадмий	сл.	0,005	0,001	0,002	0,015	0,015	0,015
Молибден	0,013	0,009	0,0135	0,0118	0,022	0,026	0,024
Селен	0,0130	0,007	0,0094	0,0098	0,012	0,02	0,016
Теллур	0,0030	0,0001	0,002	0,0017	0,0053	0,010	0,0076
Германий	0,0001	н/об	0,00025	0,00012	н/об	н/об	н/об
Индий	0,0001	0,0003	0,00016	0,00019	н/об	0,00080	0,0004
Висмут	0,0014	0,0025	0,0020	0,0019	н/об	0,0019	0,0009
Ртуть	нет	0,0001	<0,0001	0,00009	-	0,012	0,012
Рений	-	<0,0002	-	<0,0002	-	н/об	н/об
Таллий	0,0003	-	<0,01	0,005	0,003	0,01	0,0065
Галлий	0,0006	0,0009	0,00074	0,0003	0,001	0,00080	0,0009
Кобальт	0,014	0,017	0,012	0,014	0,015	0,02	0,0175
Никель	0,03	0,006	0,0011	0,012	0,001	0,0037	0,0023
Олово	-	-	<0,0003	<0,0003	0,03	н/об	0,015
Окись титана	-	-	0,28	0,28	0,07	0,22	0,145
Окись кальция	0,9	0,40	0,87	0,72	0,73	0,08	0,40
Окись магнезия	1,75	0,77	3,75	2,09	0,43	<0,1	0,26
Окись алюминия	-	-	4,5	4,5	-	-	-
Окись кремния	-	-	41,05	41,05	-	-	-
Барий	0,20	1,80	0,75	0,92	0,34	2,83	1,58
Углерод	-	-	0,26	0,26	0,70	-	0,70
Кремнезем	33,9	32,71	-	33,30	3,87	6,20	5,04
Глинозем	3,40	4,03	-	3,72	0,95	0,88	0,92

Из таблицы 1.4 следует, что основными ценными компонентами первичных сульфидных и смешанных руд месторождения являются: медь, цинк и свинец, которые сопровождаются целым рядом элементов-спутников, среди которых наиболее ценными являются золото и серебро.

Медь. Судя по данным рациональных анализов, главная масса меди до 98,6 % в сульфидных рудах содержится в первичных сульфидных рудах (халькопирите), а в смешанных рудах до 58,8 % меди содержится во вторичных сульфидах (ковеллине и халькозине), остальная часть приходится на первичные сульфиды и только весьма незначительное количество приходится на сульфаты и окисленные соединения.

Цинк. В первичных сульфидных и смешанных рудах основная масса (96,2-99,5 %) цинка заключена в сфалерите.

Свинец. По падению рудных зон месторождения наиболее высокие концентрации свинца встречены до глубины 300-350 м. При этом содержание его в смешанных рудах выше, чем в первичных сульфидных. Содержание свинца в смешанных рудах достигает 15,86 %, а в первичных – ниже 0,5 %.

Золото является одним из наиболее ценных элементов-спутников смешанных и первичных сульфидных руд месторождения. В контуре балансовых запасов, подсчитанных по смешанным рудам месторождения, содержание золота колеблется от 0,2 до 4,7 г/т, составляя в среднем 2,89 г/т (в оставшихся в карьере запасах на 01.01.2018 г. – 2,74 г/т по Верхнему рудному телу и 0,05 г/т по линзе III). В первичных сульфидных рудах месторождения содержание золота колеблется от 0,1 до 2,6 г/т, составляя в среднем в подсчетном контуре балансовых запасов 1,37 г/т. Устанавливается, что наиболее высокие концентрации золота приурочены к верхним горизонтам месторождения. При этом, если в смешанных рудах в медном и медно-цинковом типах оруденения содержание золота находится примерно на одном уровне (2,96-2,83 г/т), то в первичных сульфидных рудах наибольшие его концентрации тяготеют к медно-цинковому типу (2,2 г/т), тогда как в медном типе среднее содержание золота не превышает 0,54 г/т.

В разрезах месторождения наиболее высокие концентрации золота отмечаются висячем боку смешанных и первичных сульфидных руд.

Серебро в пространственном распределении ведет себя аналогично золоту, только лишь с той разницей, что концентрация его в 10-20 раз выше, чем золота. Присутствует как в самородной форме, так и в форме соединений – сульфидах и сульфатах. В контуре балансовых запасов, подсчитанных по смешанным рудам, содержание серебра колеблется в пределах 1,3-132,8 г/т, составляя в среднем в медных рудах 46,8 г/т, в медно-цинковых 51,34 г/т. В первичных медных рудах среднее содержание серебра – 10,49 г/т, в медно-цинковых – 33,6 г/т.

В оставшихся в карьере запасах среднее содержание серебра находится в пределах 22-31 г/т. Подсчитанные запасы для подземной отработки в т.ч. по результатам доразведки 2010-2012 гг. составляют (в сульфидных рудах) 457,5 тонн при среднем содержании по категории $C_1 + C_2$ – 13,8 г/т, что почти в 2 раза ниже, чем в карьере (22,7 г/т).

1.5.5 Текстурно-структурные особенности первичных сульфидных и смешанных руд

Текстуры руд

Руды месторождения Кусмурын по текстурным особенностям и характеру сульфидной минерализации, как уже отмечалось, подразделяются на сплошные и прожилково-вкрапленные.

Сплошные руды, в свою очередь, по текстурным особенностям подразделяются на следующие разновидности: массивные, брекчиевидные, полосчатые, колломорфные и пятнистые.

Руды с массивной и брекчиевой текстурами составляют подавляющую массу Верхнего рудного тела. При этом лежащий его бок сложен массивными рудами, в которых на отдельных участках распознаются реликты брекчиевидной текстуры; ближе к висячему боку брекчиевидный текстурный рисунок становится более резким и контрастным. Обломки представлены халькопирит-пиритовыми агрегатами, цементирующимися кварц-сульфидной, иногда существенно сфалеритовой массой.

Полосчатые сплошные руды развиты в значительно меньшей степени, чем вышеописанные руды. Полосчатая текстура обусловлена перемежаемостью полос пирит-халькопиритового и сфалеритового состава, ориентированным расположением пирита и халькопирита. Направление полос согласуется с элементами залегания рудных тел. Полосчатые текстуры являются вторичными и обусловлены наложением на ранние серно-колчеданные руды, после их дробления, поздней медной и медно-цинковой минерализации.

Прожилково-вкрапленные текстуры представляют собой массивные, иногда серицито-кварцевые породы. Они образуются различно ориентированными кварцевыми и сульфидными прожилками. Густота прожилков и интенсивность минерализации их крайне неравномерна, чем обусловлена неравномерность распределения меди. Кроме того, прожилковое оруденение в гидротермально измененных породах сопровождается вкрапленностью сульфидов.

Структуры руд

Широким развитием в рудах месторождения пользуются различные проявления метаколлоидной структуры, возникшие за счет раскристаллизации геля. Очень характерными структурами являются: тонко-агрегатная, почковидная, глобулярная, радиально-лучистая и колломорфная концентрически-зональная.

Наиболее распространены тонко-агрегатная и колломорфная структуры. Тонко-агрегатная структура обычно выявляется травлением плотного пункта. Колломорфная структура также характерна для пирита. Она подчеркивается наличием тонких концентрических зон галенита, халькопирита и сфалерита в пирите.

На месторождении Кусмурын руды колломорфной структуры образованы большей частью в открытых полостях. Это доказывается, во-первых, и

положением сплошных руд в разрезе залежей (тяготеют к зонам брекчированных кварцитов) и наличием реликтов мельниковит-пирита.

Наряду с вышеописанными метаколлоидными образованиями развиты и зернистые структуры отложения. В частности, зернистая структура пирита характерна для прожилково-вкрапленных руд и отдельных участков сплошных руд.

К зернистым структурам отложения относятся: интерстициальная, гипидиоморфная, субграфическая, выполнения пор.

Интерстициальная структура образуется при выполнении сульфидами интерстиций в жильных минералах, при выделении халькопирита, галенита и блеклой руды между зернами сфалерита.

Гипидиоморфнозернистая структура характерна для тех участков руд, в которых хорошо ограненные идиоморфные зерна пирита заключены в аллотриаморфном агрегате сфалерита, халькопирита и галенита.

Субграфическая структура характерна для сфалеритово-халькопиритовых сростаний, особенно на границе обособлений этих минералов. Образуется она путем заполнения промежутков между зернами халькопирита сфалеритом и наоборот.

Структуры выполнения пор образуются при выделении галенита, халькопирита, сфалерита и блеклой руды в порах тонкоагрегатного пирита и между сферическими образованиями пирита.

Наряду со структурными отложениями, в рудах месторождения наблюдаются структуры гипогенного замещения: коррозионная, краевых каемок и пересечения.

Наиболее распространенной из них является коррозионная структура. Эта структура особенно характерна для пиритово-халькопиритовых агрегатов, так как основная масса халькопирита образуется метасоматическим путем за счет пирита. Замещение пирита наблюдается как в колломорфных выделениях его (по концентрическому и радиальным трещинкам), так и в кристаллически зернистых (по зональности пород и по неправильным трещинкам). Как разновидность коррозионной структуры можно отметить раскрошенную.

Структура краевых каемок образуется при выделении галенита и теннантита по краям обособлений халькопирита.

Структура пересечения встречается редко. Она образуется при выполнении тонких трещинок в халькопирите галенитом и энаргитом.

В процессе гипергенного замещения образуются структуры краевых каемок, петельчатая (при замещении гипогенных сульфидов халькозином и ковеллином) и реликтово-коррозионная.

В заключение необходимо подчеркнуть, что приведенные данные позволяют отнести руды месторождения Кусмурын к колчеданному промышленному типу медных руд и выделить среди них, по содержанию вторичных и окисленных соединений меди два технологических сорта:

- 1) первичные сульфидные руды;
- 2) смешанные руды [23,29,49].

В связи с ограниченной распространенностью сплошных руд и нечеткостью их границ с прожилково-вкрапленными рудами представляется нецелесообразным выделение этих руд в самостоятельные технологические сорта.

1.6 Исследование специфики горнотехнических условий эксплуатации месторождения

Изучение физико-механических свойств руд и вмещающих пород проводилось в 1967-1969 гг. Центральной лабораторией Восточно-Казахстанского государственного технического университета.

В результате исследования 45 образцов были определены следующие параметры: временное сопротивление сжатию и растяжению, коэффициент крепости по шкале проф. Протоdjаконова, абразивность, твердость по штампу, пористость, объемный и удельный веса, модуль упругости, коэффициент Пуассона, модуль сдвига [58].

В соответствии с ГОСТ 8269-64 на образцах кубической формы, с размером ребер 40-50 мм определено временное сопротивление сжатию. Плоскость контакта образцов с плитой пресса выравнивалась на шлифовальном станке мелким абразивным порошком с обеспечением строгой параллельности указанных плоскостей.

Предел прочности образцов вычислялся как среднеарифметическое по результатам испытания не менее пяти образцов с точностью до 10 кг/см² по формуле 1.1:

$$\sigma = \frac{P}{F}, \text{кг/см}^2, \quad (1.1)$$

где P – разрушающее усилие пресса, кг;

F – площадь поперечного сечения образца, см².

Временное сопротивление разрыву, определенное методом, предложенным лабораторией исследования физико-механических свойств горных пород Института горного дела имени академика А.А. Скочинского, рассчитано по формуле 1.2:

$$\sigma_{\text{браз}} = \frac{P}{F}, \text{кг/см}^2, \quad (1.2)$$

где P – величина нагрузки в кг;

F – площадь поперечного сечения образца в см².

На пластине одной породы производилось не менее 10 опытов, по которым определялась средняя арифметическая величина и *абразивность* [59,60].

Сущность испытания заключалась в определении потери в весе вращающегося стального стержня, прижатого к необработанной поверхности испытуемого образца.

Показатель абразивности рассчитывался по формуле:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{2np}, \quad (1.3)$$

где g_i – потеря в весе стержня за каждый опыт,
 np – число парных опытов.

Методом вдавливания плоского штампа в прошлифованную поверхность образца по методике, разработанной Л.А. Шрейнером определена статическая твердость [61].

Твердость по штампу определялась как отношение нагрузки в момент разрушения к площади штампа:

$$P_{ш} = \frac{P_{разр}}{F}, \text{ кг/мм}^2, \quad (1.4)$$

Эффективная *пористость* исходной горной породы определялась объемом жидкости, вошедшей в поровое пространство образца, путем принудительного водонасыщения и предварительным вакуумированием. Расчет производился по формуле:

$$P_{эф} = \frac{P_n - P}{P_n} \times 100\%, \quad (1.5)$$

где P_n – вес образца, насыщенного жидкостью;
 P – вес сухого образца.

Определение упругих характеристик производилось на образцах, две противоположные грани которых шлифовались с целью достижения параллельности с отклонением не более 0,05 мм на приборе УЗИС-7 (остальные грани не обрабатывались).

Физико-механические свойства вмещающих пород и руд месторождения приведены в сводных таблицах 1.5 и 1.6.

Таблица 1.5 - Сводные показатели физико-механических свойств по месторождению Кусмурын для I-III рудных тел

Физические свойства	Породы выше надрудной пачки		Породы всячего бока рудных тел (надрудная пачка) кварц-серицитовые, эксплозивные брекчии и метаморфизованные порфириды, песчаники	Руда сульфидная			Руда смешанная сплошная	Породы лежащего бока рудной пачки
	песчаники	порфириды		сплошная	вкрапленная	итого по руде		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Временное сопротивление сжатию	1976	1519	$\frac{740-2080}{1400}$	$\frac{300-2540}{1606}$	$\frac{640-2060}{1454}$	1548	$\frac{800-1580}{1182}$	$\frac{380-2440}{926}$
растяжению	42	81	$\frac{37-81}{54}$	$\frac{56-170}{96}$	$\frac{55-210}{110}$	101	$\frac{31-45}{38}$	$\frac{42-175}{91}$
Коэффициент крепости	14	12	$\frac{7-15}{11}$	$\frac{4-19}{12}$	$\frac{7-15}{12}$	12	$\frac{8-13}{10,5}$	$\frac{4-17}{8}$
Показатель абразивности	31	35	$\frac{22-36}{30}$	$\frac{6-29}{17}$	$\frac{10-46}{26}$	21	$\frac{8-21}{15}$	$\frac{17-51}{28}$
Твердость по штампу	195	156	$\frac{39-221}{104}$	$\frac{20-183}{150}$	$\frac{61-248}{137}$	145	$\frac{111-255}{214}$	$\frac{31-140}{63}$
Пористость	0,50	0,56	$\frac{0,48-2,76}{1,04}$	$\frac{0,12-2,44}{0,99}$	$\frac{0,40-0,96}{0,74}$	0,89	$\frac{1,41-10,02}{4,46}$	$\frac{0,69-1,10}{0,85}$
Объемный вес	2,73	2,76	$\frac{2,65-2,93}{2,73}$	$\frac{3,33-4,74}{4,27}$	$\frac{2,79-8,65}{3,13}$	3,83	$\frac{4,22-4,62}{4,50}$	$\frac{2,71-2,88}{2,80}$
Модуль упругости	7,61	8,28	$\frac{8,72-8,76}{8,74}$	$\frac{15,30-21,20}{16,83}$	$\frac{?}{7,70}$	11,64		$\frac{5,66-7,43}{6,46}$
Коэффициент Пуассона	0,201	0,262	$\frac{0,247-0,440}{0,341}$	$\frac{0,054-0,166}{0,107}$	0,115	0,087		$\frac{0,015-0,191}{0,090}$
Модуль сдвига	3,19	3,28	$\frac{3,04-3,50}{3,27}$	$\frac{6,02-9,65}{7,61}$	3,45	5,25		$\frac{2,79-3,12}{2,92}$

Примечание: в числителе колебания от верхнего до нижнего значений,
в знаменателе – среднее арифметическое.

Таблица 1.6 - Горные породы месторождения Кусмурын и прочность руды

№ образца	Предельная прочность на одноосное сжатие						Предельная прочность на одноосное сжатие					Прочнос ть контакта Р _к (МПа)	Угол внутренн его трения (°)	Кoeffиц иент сцеплени я (МПа)
	Прочность в воздушно- сухом состоянии			Водонасыщенная прочность		Кoeffици ент размягче ния К _р	Прочность в воздушно- сухом состоянии			Водонасыщенная прочность				
	Предел прочност и σ _с ^с (МПа)	КВ ¹ К _в (%)	Число твёрдост и f ^с	Предел прочност и σ _с ^в (МПа)	КВ ¹ К _в (%)		Предел прочност и σ _с ^с (МПа)	КВ ¹ К _в (%)	Кoeff. хрупкост и К _{хр}	Предел прочност и σ _с ^в (МПа)	КВ ¹ К _в (%)			
AN3	87	28	9	86	6	0.99	8	18	10.9	6	43	1524	37	24
ДТ3	77	49	8	57	52	0.74	7	69	11.0	4	61	1253	38	22
MS1	52	25	5	43	25	0.83	5	33	10.4	5	58	1061	38	14
SM2	72	38	7	73	31	1.00	7	13	10.3	7	25	1377	37	20
RT3	41	44	4	33	78	0.80	4	47	10.3	3	58	564	37	11
RT4	27	60	3	-	-	-	3	61	9.0	-	-	397	37	7
RT5	63	27	6	57	35	0.90	8	26	7.9	8	52	1001	34	18
RT6	86	30	9	62	31	0.72	8	23	10.8	7	21	1740	37	24

Примечание: Образцы, начиная с образца №RT4, разрушаются в воде.

¹ K_B = коэффициент вариации

Из таблиц 1.6 видно, что физические свойства рудных тел и пород висячего и лежащего боков, резко колеблются. Это характеризует частую смену слабых трещиноватых пород и руд плотными, монолитными, что подтверждается данными буровых скважин.

Физико-механические свойства вмещающих пород и руд были определены отдельно для следующих групп: породы зоны окисления (кора выветривания); смешанные руды; сульфидные руды; гидротермально измененные породы висячего бока; неизмененные породы висячего бока.

Как свидетельствуют данные (таблица 1.7) физико-механических показателей по указанным группам, физические свойства руд, пород висячего и лежащего боков колеблются. Это свидетельствует о частой смене составляющих их пород, имеющих разные физические свойства.

Таблица 1.7 - Физико-механические свойства руд и пород месторождения Кусмурын

	Временное сопротивление		Коэффициент крепости по Протодьяконову	Показатель абразивности	Твердость по штампу	Пористость	Объемный вес
	сжатию	растяжению					
породы зоны окисления							
среднее	1005	73	9	62	64	11,25	2,45
смешанные руды							
среднее	1444	127	12	24	195	1,55	2,97
неизмененные породы висячего бока							
среднее	608	90	6	28	160	1,55	2,97
гидротермально-измененные породы висячего бока							
среднее	729	79	7	43	114	0,52	2,79
сульфидные руды							
среднее	950	82	9	25,6	180	2,76	2,98
гидротермально измененные породы лежачего бока							
среднее	520	31	6	48	82	0,94	2,8
неизменные породы лежачего бока							
среднее	747	45	8	44	62	0,49	2,78

Наряду с физико-механическими свойствами пород и руд производилось исследование потенциальной пожароопасности.

При изученности склонности к самовозгоранию применялись методы: минералогический, химический, термографический анализы, потенциометрическое изучение концентраций водородных ионов в рудных суспензиях, окисление пергидролем и определение пористости руд.

Таблица 1.8 - Химический состав и термографическая характеристика

№№ проб	№№ скв.	Интервал	Химический состав, %						Темпера- тура воспламе- нения	Скорость окисления в инт. 0-400 SO ₂ мг/мин
			Железо	Медь	Цинк	Сера общ.	Сера сульф.	н/о (нерастворимый остаток)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Сплошные руды</i>										
1	15	232,3-233,1	39,64	4,01	0,14	45,33	0,24	3,98	450	0,16
15	1103	44,0-45,0	46,65	4,48	0,13	43,24	1,78	12,64	400	2,16
18	1101	59,2-60,0	36,71	3,35	0,14	43,25	0,61	11,84	370	1,78
19	1050	4,0-41,0	43,76	1,37	0,07	48,83	0,49	1,78	405	1,07
41	1100	40,0-41,0	40,64	1,54	0,49	46,60	0,41	7,06	405	0,56
42	1100	50,0-52,0	37,77	1,50	0,42	40,52	0,32	13,60	400	0,51
43	1102	68,0-70,0	32,54	1,45	4,86	42,58	1,66	14,52	415	0,35
49	1102	78,0-79,2	40,58	3,12	3,60	48,38	0,38	2,12	410	0,63
3	31	367,1-368,1	33,10	6,20	3,00	38,60	0,55	15,68	410	0,14
4	31	392,1-394,4	37,52	9,70	2,60	43,82	0,64	3,44	415	0,22
8	49	273,4-274,4	37,27	10,22	0,07	41,71	0,60	2,12	405	0,25
9	49	288,5-289,5	36,71	11,64	0,14	41,92	0,40	3,04	405	0,55
10	49	300,5-301,5	35,53	7,50	0,21	39,70	0,28	4,44	410	0,63
11	38	445,1-446,5	35,09	12,54	1,33	41,71	0,77	2,74	410	1,93
12	38	463,0-464,2	37,52	6,77	1,63	42,26	0,23	6,02	420	0,40
16	49	122,4-124,2	38,76	7,03	0,88	44,63	0,81	1,62	410	1,17
17	1101	43,6-44,6	39,08	5,44	2,53	45,05	0,53	4,18	405	1,03
29	49	312,8-313,8	39,89	6,17	0,14	42,84	0,55	2,20	410	1,78
31	49	343,5-345,2	34,16	9,62	0,49	38,63	0,56	2,88	405	0,275
14	1103	54,0-55,0	41,14	5,17	0,14	48,47	0,55	1,16	410	2,46
20	1050	71,0-72,0	38,08	8,79	0,14	46,08	0,63	1,98	350	2,46
21	1050	55,0-56,0	39,64	9,19	0,14	45,07	0,35	0,70	405	4,10
2	31	297,8-298,9	39,15	6,40	0,77	45,13	0,47	4,80	410	0,51
6	50	389,2-390,9	37,65	3,52	5,11	44,64	0,56	4,44	415	0,30

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
44	31	234,5-235,0	33,78	0,68	0,10	38,32	0,25	12,35	440	0,19
<i>Вкрапленные руды</i>										
7	50	389,2-390,9	26,74	5,18	0,71	30,00	0,21	28,56	420	0,03
13	38	480,0-481,0	25,83	4,51	0,18	27,84	0,12	36,76	410	0,20
24	50	419,8-420,8	20,07	4,26	3,16	23,98	0,34	39,14	400	0,27
27	50	433,7-434,7	22,50	1,52	0,57	25,20	0,23	43,34	420	0,167
33	18	382,2-383,6	21,25	4,26	0,21	24,28	0,45	43,52	430	0,036
34	18	412,2-413,6	22,15	5,53	0,10	23,22	0,21	31,42	440	0,17
22	31	327,9-329,2	23,93	1,44	2,47	27,57	0,18	38,60	420	0,20
30	49	326,9-328,5	20,20	1,62	0,07	21,77	0,36	42,86	465	0,06
32	18	354,2-355,2	19,45	3,73	0,10	20,50	0,18	46,86	415	0,25
25	50	445,6-446,5	16,45	1,40	0,07	18,27	0,17	53,28	420	0,20
28	50	501,3-503,6	12,03	1,01	0,35	12,91	0,35	64,06	435	0,21
35	18	448,8-449,8	7,11	0,54	0,17	5,07	0,09	65,50	460	0,09
39	38	551,2-553,0	6,73	1,35	0,07	6,86	0,25	68,66	470	0,125
37	38	511,0-512,2	20,64	3,34	0,05	22,84	0,16	9,02	460	0,115
<i>Перетертые руды из зон технических нарушений</i>										
52	122	294,0-295,0	41,98	0,63	0,08	47,95	0,95	2,82	400	0,48
53	Орт.6	с/з ст.49,7	21,46	14,22	0,08	28,39	0,19	30,54	380	1,83
54	Орт.8	с/з ст.20,2	20,84	3,34	0,05	22,84	0,16	9,02	375	1,54

По результатам исследований химического состава и термографических характеристик (данные таблицы 1.8) дано следующее заключение:

1. Сплошные руды месторождения Кусмурын по степени склонности к самовозгоранию ближе всего стоят к I классу склонных к самовозгоранию. Об этом свидетельствует целый ряд факторов:

а) высокое содержание в сплошных рудах легко окисляющихся минералов - колломорфного серного колчедана и сфалерита.

б) широкое развитие колломорфных структур, обуславливающих высокую пористость руд (3,7-20,2 %).

в) низкая температура воспламенения руд, появление экзотермических эффектов при весьма низких температурах (110-220°C).

г) очень высокая скорость окисления руд по данным термического (0,13-4,0 мг/мин SO₂) и потенциометрического (0,95-1,25 pH за сутки) анализов.

2. Особенно высокой склонностью к самовозгоранию отличаются брекчированные и перетертые руды из зон тектонических нарушений. Они воспламенялись при очень низкой температуре (320-400°C), имеют высокую скорость окисления (0,48-1,83 мг/мин SO₂) и большую пористость (24,4 %).

Средняя влажность в коренных породах, определенная по выработкам разведочной шахты № 1, составляет 0,42 %, при колебаниях от 0,1 % до 1,42 %.

Коэффициент разрыхления колеблется от 1,41 до 1,86. Средний – 1,67.

Содержание свободного кремнезема в сплошных рудах от 1,74 % до 6,20 %, во вкрапленных – 39,8 % (по данным технологической пробы №4).

Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что вкрапленные руды могут быть отнесены к силикозоопасным.

Отработка всего месторождения открытым способом экономически нецелесообразна, так как средний коэффициент вскрыши достигает 70-80 м³/м³. Наиболее экономичным является вариант отработки открытым способом только Верхнего рудного тела, изученного с помощью буровых скважин в разведочных линиях II^a, III, III^a, IV, IV^a и полностью оконтуренного подземными горизонтальными выработками из шахты № 1 на горизонте +750 м (глубина от поверхности 70 м). При этом коэффициент вскрыши составит 10-15 м³/м³. От общих балансовых запасов смешанных руд, подсчитанных по категориям C₁ и C₂, запасы руды, заключенные в Верхнем рудном теле, составляли 93 %, В балансовых запасах руды, подсчитанных по месторождению Кусмурын по категории C₁ и утвержденных Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых СССР в 1976 г., запасы руды Верхнего рудного тела составляли 14 %. По пересчету с учетом доразведки, запасы по Верхнему рудному телу составили: руда 2203,2 тыс. тонн, медь 94,8 тыс. тонн (4,3 %), цинк 52 тыс. тонн (2,36 %), золото 6040 кг (2,74 г/т), серебро 67,9 тонн (30,82 г/т). Запасы руды по рудному телу составляют 6,1 % относительно общих запасов месторождения, запасы меди – 9,8 %, цинка – 22,5 %, золота – 21,9 %, серебра – 12,8 %.

Исходя из вышеизложенного считаю, что на месторождении развита богатая руда, особенно по цинку и благородным металлам и рудные тела могут быть отработаны комбинированным способом. Склонность сплошных руд к самовозгоранию обязывает отработку их производить с профилактическими

мероприятиями, предотвращающими возникновение подземных пожаров. С этой целью рекомендуется отрабатывать месторождение системой с слоевой закладкой.

Таким образом, разработанные рекомендации могут быть приняты во внимание при принятии решений, касающихся выбора наиболее целесообразного способа разработки месторождения. В последующих главах данные рекомендации будут подкреплены экономическим обоснованием.

2 ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АКТУАЛЬНЫХ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУСМУРЫН

2.1 Критический анализ действующих параметров кондиций для подсчета запасов

Экономическая оценка месторождений полезных ископаемых, будучи важнейшей составляющей при обосновании геологоразведочных работ, разработки проектов кондиций для подсчета запасов и их предстоящего освоения промышленностью, предполагает расчет эффекта, полученного от реализации конкретной программы по освоению запасов [62-65]. С её помощью выбирается экономически целесообразный вариант освоения запасов. Объекты, выявленные на поисковой и геологоразведочной стадии, становятся объектом пристального внимания для промышленности. При этом надежность геолого-экономической оценки запасов месторождения, складывающейся из двух составляющих – геологической и экономической, во многом определяется количественным определением разведываемых запасов [66,67].

На текущий момент в Казахстане прирост запасов зависит от накопленного ранее поискового задела, что приводит к значительному росту доли уже разведанных и подготовленных к дальнейшей отработке запасов в общей структуре запасов с одной стороны, и с другой стороны, уменьшению доли оцененных запасов и рассчитанных в прогнозах различных видов ресурсов [4,10,68].

Недостаточные темпы воспроизводства минерально-сырьевой базы Казахстана, когда добыча полезных ископаемых достигается преимущественно за счет ранее существовавшего резервного запаса, способствуют ослаблению её устойчивости [2-4].

Колчеданно-медно-свинцово-цинковое месторождение Кусмурын, изученное еще в советский период, обладая огромным потенциалом, в настоящее время является приоритетным объектом для вовлечения в эксплуатацию.

Генезис месторождения комбинированный, выраженный в сочетании вулканогенно-осадочного и гидротермально-метасоматического рудообразования. Месторождение представлено в основном Верхним рудным телом и Главной рудной зоной, в пределах которой выделяются три основных рудных тела – I, II и III. Рудные тела сопровождаются несколькими мелкими рудными линзами. Форма рудных тел линзовидная, углы падения 40-70° на запад, юго-запад; размеры от 95 м до 580 м по падению и от 50 м до 330 м по простиранию; мощность от 0,6 м до 70-100 м. Главными рудными минералами являются: пирит, халькопирит, сфалерит, галенит. В смешанных и гипогенных рудах подсчитаны запасы (по категориям C_1 и C_2) меди, цинка, свинца, золота, серебра, а также попутных компонентов – серы, селена, теллура, кадмия [14].

Геологоразведочные работы на месторождении проводились в 1958-1976 гг., в 1977-1980 гг. осуществлялись детальные поиски в районе месторождения. В 2006-2008 гг. месторождение Кусмурын отрабатывалось открытым способом,

в 2010-2018 гг. осуществлялось поисково-оценочное и технологическое бурение, выполнена доразведка. Кроме того, в 2017-2019 гг. ТОО «GEO.KZ» были проведены поисковые работы в пределах Акбастау-Космурунского рудного района.

ТОО «Корпорация Казахмыс», получившее в 2006 году право на проведение добычи полиметаллических руд на месторождении, разрабатывало его открытым способом в 2006-2008 гг. (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Космоснимок месторождения Кусмурын

В 2008 г., вследствие сложившихся горно-геологических условий, добыча на месторождении Кусмурын была остановлена и карьер был временно законсервирован, добыча с 2008 до 2018 г. не производилась.

По результатам работ 2010-2017 гг. выполнено предварительное технико-экономическое обоснование кондиций и подсчет запасов, но отчет до настоящего времени не был апробирован Государственной комиссией по запасам полезных

ископаемых Республики Казахстан, доразведанные запасы не были поставлены на государственный баланс.

Главным проектным институтом ТОО «Корпорация Казахмыс» подсчитан прирост запасов на основе блочной модели запасов, а в 2018 г. с учетом полученных данных, были оценены несколько вариантов отработки запасов месторождения Кусмурын [21,69,70].

Промышленные кондиции на медно-колчеданные руды месторождения Кусмурын были утверждены ГКЗ СССР 30 декабря 1976 г. протоколом № 1088-к и до настоящего времени не пересматривались:

а) бортовое содержание условной меди – в смешанных рудах (открытая отработка) – 0,7 %, в сульфидных – 0,7 %;

б) принадлежность к смешанным рудам – руды с содержанием меди и цинка в окисленной и вторичной форме свыше 20 % от общего их содержания, к сплошным сульфидным – руды с содержанием серы более 35 %;

в) коэффициенты для перевода в условную медь:

- для смешанных руд:

медь – 1,0; цинк – 0,4; свинец – 0,4;

- для сульфидных руд:

медь – 1,0; цинк – 0,3; свинец – 0,2.

При переводе в условную медь не учитывалось содержание меди – менее 0,4 %, цинка – менее 0,4 % и свинца – менее 0,5 %;

г) минимальная промышленная мощность рудного тела и сортового интервала для открытой отработки – 4,0 м; для подземной, соответственно, 2,0 и 4,0 м. При меньших мощностях допускалось оконтуривание по соответствующему метро проценту;

д) максимальная мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчетный контур: для открытой отработки – 4,0 м и для подземной – 3,0 м;

е) минимальное промышленное содержание условной меди в подсчетном блоке для смешанных руд – 2,2 %, для сульфидных руд – 2,6 %;

ж) минимальное содержание условной меди в оконтуривающих выработках (показатель оконтуривания) для смешанных руд – 1,4 %, для сульфидных – 1,1 %;

з) минимальные балансовые запасы руды в отдельных удаленных рудных телах и содержание в них условной меди (таблица 2.1).

Таблица 2.1 - Минимальные балансовые запасы руды

Показатель	Ед. изм.	Глубина залегания, м			
		50	100	150	200
1	2	3	4	5	6
Балансовые запасы руды в зависимости от содержания условной меди, %					
4,0	тыс. т	3,0	6,0	9,0	12,0
3,5	тыс. т	3,8	7,6	11,4	15,2
3,0	тыс. т	5,0	10,0	15,0	20,0

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6
2,5	тыс. т	7,4	14,8	22,2	29,6
Количество условной меди в балансовых запасах руды в зависимости от ее содержания, %					
4,0	тыс. т	0,12	0,24	0,36	0,48
3,5	тыс. т	0,13	0,27	0,40	0,54
3,0	тыс. т	0,15	0,30	0,45	0,60
2,5	тыс. т	0,18	0,37	0,56	0,74

Подсчет запасов сплошных и прожилково-вкрапленных сульфидных руд произвести в едином контуре с выделением медных и медно-цинковых технологических сортов руд статистическим способом.

В контуре балансовых руд, кроме основных полезных компонентов, подсчитать запасы золота, серебра, кадмия, общей сульфидной и пиритной серы, редких и рассеянных элементов.

Кроме балансовых, были подсчитаны запасы забалансовых руд со средним содержанием условной меди менее 2,6 %. Также к забалансовым были отнесены участки рудных тел и отдельные рудные тела с бортовым содержанием условной меди от 0,4 % до 0,7 %.

2.1.1 Оценка надежности принятой объемной массы руд для подсчета запасов

Объемная масса для руд I варианта (1 % условной меди) определена как среднее арифметическое по образцам с содержанием условной меди более 1 %. Для руд прироста II-го варианта (0,7 %) – по образцам с содержанием от 0,7 % до 1,0 % условной меди. Для руд прироста III варианта – по образцам с содержанием от 0,4 % до 0,7 % условной меди.

Для первого варианта смешанных руд объемная масса, определенная по 68 образцам, составила 4,35 т/м³. Из-за отсутствия образцов с содержанием менее 1,0 % условной меди объемная масса для всех трех вариантов подсчета запасов смешанных руд принималась равной 4,35 т/м³.

Для сульфидных руд первого варианта (1 % условной меди) объемная масса определена по 122 образцам и составила 3,95 т/м³.

Для прироста условно балансовых руд от I ко II (бортовое меди 0,7-1,0 %) варианту объемная масса определена по 14 образцам и составила 3,55 т/м³.

Для прироста от II к III варианту (условная медь 0,4-0,7 %) объемная масса, составившая 3,43 т/м³, определена по 20 образцам.

Определение объемной массы образцов производилось гидростатическим методом в лабораторных условиях, с парафинированием образцов.

Согласно [1] объемные массы отобранных образцов сульфидных и смешанных руд определялись гидростатическим методом в лабораторных условиях. Были применены 304 образца. В полевых условиях по смешанным рудам Верхнего рудного тела сделано 7 определений выемками из целиков.

Лабораторные определения объемных масс были сгруппированы по сортам руд в соответствии с местами отбора образцов.

Расчет средней объемной массы каждого рудного тела был произведен взвешиванием объемных масс сортов руд (медные и медно-цинковые) по процентному их соотношению в рассматриваемом рудном теле. Расчет взвешиванием вызван существенными различиями объемных масс сортов руд. Рассчитанная таким методом объемная масса смешанных руд Верхнего рудного тела близка к объемной массе, рассчитанной средне арифметически по семи полевым определениям целиков; среднее по целикам $4,37 \text{ т/м}^3$ (при колебаниях от $3,54$ до $5,50$), среднее соотношению руд в образцах – $4,34 \text{ т/м}^3$.

В подсчет запасов средний объемный вес по рудному телу вводился на уровне подсчета запасов руды в подсчетных блоках.

Выполнены расчеты теоретических объемных масс для блоков категории C_1 по формуле:

$$D = D_n / 1 - K \quad (2.1)$$

$D_n = 2,7$;

для меди $K_1 = 0,0105$; для свинца $K_2 = 0,0074$; для цинка $K_3 = 0,0049$; для пиритной серы $K_4 = 0,0088$.

Поправочный коэффициент на микротрещиноватость равен $0,97$.

Объемные веса составили:

Массив – $4,27 \text{ т/м}^3$

Штокверк – $3,13 \text{ т/м}^3$

Пустая порода – $2,8 \text{ т/м}^3$.

Объемная масса в зависимости от содержания серы [20,23,71,72]

Как уже указывалось, по данным отчета 1976 г. на месторождении для определения объемной массы руд было отобрано по:

1. Смешанным балансовым рудам:

А. медным – 31 образец (средняя объемная масса $4,34 \text{ т/м}^3$);

Б. медно-цинковым – 36 образцов (средняя объемная масса $4,35 \text{ т/м}^3$);

2. Сульфидным балансовым рудам:

А. медным – 84 образца (средняя объемная масса $3,61 \text{ т/м}^3$);

Б. медно-цинковым – 47 образцов (средняя объемная масса $4,41 \text{ т/м}^3$);

В. забалансовым рудам (содержание меди менее $0,7 \%$, но более $0,4 \%$) – 20 образцов (средняя объемная масса $3,43 \text{ т/м}^3$);

Г. минерализованным вмещающим породам – 86 образцов (средняя объемная масса $3,03 \text{ т/м}^3$).

Итого по балансовой руде – 198 образцов, по забалансовой – 20 образцов.

В нижеследующей таблице 2.2 приведены сводные данные по типам руд по образцам, отобранным в предшествующий период разведки. Необходимо отметить, что практически во всех образцах балансовых руд содержание меди не опускается ниже 4% .

Таблица 2.2 - Средние содержания, корреляционные зависимости по образцам, отобраным для определения объемной массы по типам руд с учетом серы

кол-во проб, шт.	объем. масса	Средние содержания по образцам, %				корреляционная зависимость между парами (объемной массой и:)					
	d, т/м ³	Cu	Pb	Zn	S	d	d	d	d	Cu	Zn
						Cu	S	Pb	Zn	S	S
смешанные медные руды											
12	4,07	4,58	0,40	0,07	38,19	0,23	-0,18				
смешанные медно-цинковые руды											
7	3,91	4,08	1,14	4,49	41,28	-0,35	0,81	0,13	0,09		
сульфидные медные руды											
51	3,73	4,11	0,04	0,15	22,18	-0,35	0,46	0,03	0,12	0,40	0,17
сульфидные медно-цинковые руды											
39	4,31	5,71	0,53	3,90	33,81	-0,35	0,46	0,03	0,12	0,40	0,17
смешанные медные и медно-цинковые руды											
19	4,01	4,39	0,67	1,69	39,33	0,14	-0,10	-0,29	0,13	-0,09	0,31
сульфидные медные и медно-цинковые руды											
90	3,98	4,80	0,25	1,77	27,22	0,04	0,51	0,16	0,32	0,21	0,34
смешанные медные + медно-цинковые + сульфидные медно-цинковые											
58	4,21	5,28	0,58	3,17	35,62	-0,09	0,03	-0,11	0,11	-0,35	0,05
медно-цинковые: смешанные + сульфидные											
46	4,25	5,46	0,63	3,99	34,95	-0,20	0,11	-0,06	0,04	-0,37	0,07

В приложение А1 приведены графики распределения содержаний основных полезных компонентов и объемной массы по типам руд месторождения с учетом серы.

Корреляционная зависимость между объемной массой руд всех типов и сортов и содержанием полезных компонентов отсутствует. Ненадежная корреляция отмечается между объемной массой и содержанием серы [73-75].

На первом этапе был произведен подсчет запасов месторождения Кусмурын:

- смешанных руд рудных тел: Линзы I, II, III, рудное тело "Верхнее" при объемной массе 4,25 т/м³

- медных сульфидных руд – 3,73 т/м³;

- забалансовые сульфидные руды по рудным телам II и IV – 3,00 т/м³.

Итак, медно-цинковые сульфидные руды в рудном теле II составляют 15 %, медные 85 %. Составим пропорцию: $(15 \times 4,31 + 85 \times 3,73) = 3,82$ т/м³. Данная объемная масса может использоваться для подсчета запасов по рудному телу II.

В первом расчете участвовало 90 проб сульфидных медных и медно-цинковых руд. Коэффициент корреляции $r = 0,51$.

Уравнение регрессии приняло вид:

$$d = 0,026 \cdot x + 3,27 \quad (2.1)$$

где d - объемная масса, т/м³,
x - содержание серы, %.

После исключения из расчетов двух «ураганных» проб (коэффициент корреляции $r = 0,52$) уравнение регрессии приняло вид: $d = 0,0255 \cdot x + 3,267$, но после округления приняло первоначальный вид.

Проверка теоретической объемной массы по данной формуле показала близкие результаты, представленные ниже на рисунок 2.3.

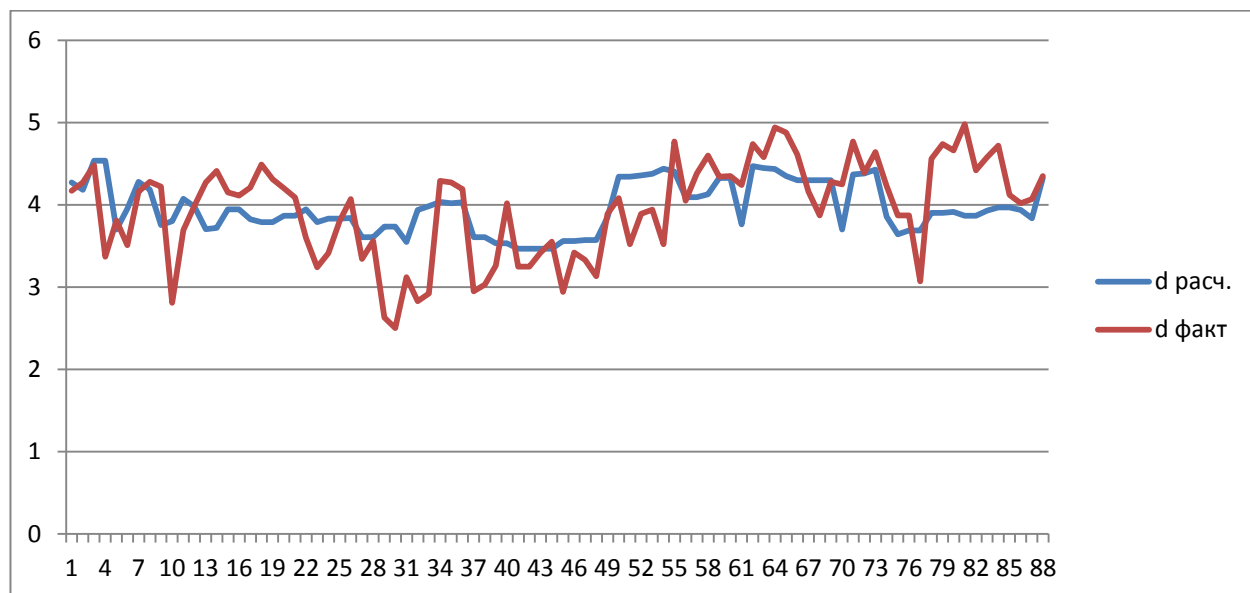


Рисунок 2.3 – Графики замеренной объемной массы 88 образцов сульфидных медных и медно-цинковых руд месторождения Кусмурын по уравнению регрессии

Благодаря анализам на серу в период разведки 2010-2012 гг., а также разностке анализов по групповым пробам, отобранным до 1976 г., получена несколько другая картина. Большинство рудных подсечений в той или иной степени охарактеризованы на содержания серы (и не только).

Однако, приведенное выше уравнение регрессии необходимо проверить на наличие погрешности:

$\delta = 0,58 \sqrt{1 - 0,52^2} = 0,50$, следовательно, уравнение регрессии позволяет определять по известному содержанию серы величину объемной массы с погрешностью в среднем $0,5 \text{ т/м}^3$. По отношению к среднему показателю погрешность составляет 12,6 %, что вполне допустимо.

Достаточность числа проб устанавливается соблюдением неравенства $r\sqrt{n-1} \geq 2$. В рассматриваемом случае $0,52 \cdot 9,33 = 4,85$. Таким образом, условие соблюдено.

О надежности корреляционной зависимости можно судить по выполнению неравенства:

$|r| \geq 2 \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} = 0,16$, что заведомо меньше $r = 0,52$, т.е. неравенство выполнено, взаимосвязь между содержанием серы и объемной массы надежная.

Приведем расчет теоретических объемных масс для блоков категории С₁ месторождения Кусмурын:

$$D = D_n / 1 - K \quad (2.3)$$

где $D_n = 2,7$;

для меди $K_1 = 0,0105$

для свинца $K_2 = 0,0074$

для цинка $K_3 = 0,0049$

для пиритной серы $K_4 = 0,0088$.

В таблице 2.3 приведен расчет теоретических объемных масс, исходя из отчетных данных 1976 г.

Таблица 2.3 - Пример расчета теоретических объемных масс по отчету 1976 г.

Содержание, %				Произведение				сумма	Расчетная объемная масса, т/м ³	Коэффициент микро трещиновато -сти	Принятая Объемная масса, т/м ³
Cu	Pb	Zn	Спир.	Cu	Pb	Zn	Спир.				
5,07	0,27	0,40	36,51	0,0532	0,0020	0,0020	0,3218	0,3785	4,34	0,97	4,21
3,01	0,03	0,17	11,10	0,0316	0,0002	0,0008	0,0977	0,1803	3,10	0,97	3,01

2.2 Структура запасов месторождения Кусмурын

Далее приведем сопоставление утвержденных и оставшихся балансовых запасов, а также запасов с учетом доразведки, оцененных геостатистическим методом [76,77].

В таблице 2.4 приведено движение запасов смешанных и сульфидных руд месторождения Кусмурын с момента завершения геологоразведочных работ. Выполненного генерального подсчета запасов по состоянию на 01.10.1976 г., что подтверждено экспертным заключением, выданным ГКЗ РК по состоянию на 01.01.2002 г., погашенных запасов за период 2006-2008 гг. и числящихся на государственном балансе по состоянию на 01.01.2019 г.

Окисленные руды месторождения характеризуются как богатые, были утверждены в следующих количествах:

- по категории С₁ – 143,2 тыс. т руды, золота – 2063 кг (с содержанием 14,34 г/т), серебра – 34,3 т (с содержанием 238,5 г/т);

- по категории С₂ – 21,3 тыс. т руды, золота – 381 кг (с содержанием 17,87 г/т), серебра – 3 т (с содержанием 140,9 г/т).

Таблица 2.4 - Движение запасов смешанных и сульфидных руд месторождения Кусмурын (с даты утверждения по состоянию на 01.01.2019 г.)

Элементы подсчета	Ед. измер.	Запасы месторождения Кусмурын по состоянию на 01.10.1976 г.			Погашено в 2006-2008 гг.			Запасы месторождения Кусмурын по состоянию на 01.01.2019 г.		
		Балансовые		Забаланс.	Балансовые		Забаланс.	Балансовые		Забаланс.
		C1	C2	C1	C1	C2	C1	C1	C2	C1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Для открытой отработки (Смешанные руды)										
Запасы: руды	тыс. т	3084,5	323,2	-	2669,2	70,4	-	415,3	252,8	-
меди	тыс.т	140,2	5,8	-	124,4	1,0	-	15,8	4,8	-
цинка	тыс.т	69	0,8	-	56,6	0,2	-	12,4	0,6	-
золота	кг	7385	772	-	6664,8	168,9	-	720,2	603,1	-
серебра	т	102,3	10,7	-	101,1	2,8	-	1,2	7,9	-
селена	т	642	67	-	551,5	14,6	-	90,5	52,4	-
теллура	т	376	39	-	325,6	8,6	-	50,4	30,4	-
кадмия	т	484	51	-	419,8	10,9	-	64,2	40,1	-
серы сульфидной	тыс.т	1226,3	128,5	-	1095,5	27,9	-	130,8	100,6	-
Ср. содержания: меди	%	4,54	1,8	-	4,66	1,42	-	3,80	1,90	-
цинка	%	2,25	0,26	-	2,12	0,28	-	2,99	0,24	-
золота	г/т	2,39	2,39	-	2,50	2,40	-	1,73	2,39	-
серебра	г/т	33,17	33,17	-	37,88	39,77	-	2,89	31,25	-
селена	%	0,0208	0,0208	-	0,021	0,021	-	0,022	0,021	-
теллура	%	0,0122	0,0122	-	0,0122	0,0122	-	0,0121	0,0120	-
кадмия	%	0,0157	0,0157	-	0,0157	0,0155	-	0,0155	0,0159	-
серы сульфидной	%	39,76	39,76	-	41,04	39,63	-	31,50	39,79	-

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Для подземной отработки (Сульфидные руды)										
Запасы: руды	тыс.т	16034	1538,7	1182,6	-	-	-	16034	1538,7	1182,6
Меди	тыс.т	504,6	48,1	13,1	-	-	-	504,6	48,1	13,1
цинка	тыс.т	122	11,7	1	-	-	-	122	11,7	1
золота	кг	13770	1323	639	-	-	-	13770	1323	639
серебра	т	280,6	27	11,9	-	-	-	280,6	27	11,9
селена	т	1122	110	97	-	-	-	1122	110	97
теллура	т	433	42	57	-	-	-	433	42	57
кадмия	т	1363	133	47	-	-	-	1363	133	47
серы сульфидной	тыс.т	3539,2	339,3	209,2	-	-	-	3539,2	339,3	209,2
в т.ч. пиритной	тыс.т	2966,9	284,6	170,6	-	-	-	2966,9	284,6	170,6
Ср. содержания: меди	%	3,15	3,11	1,11	-	-	-	3,15	3,11	1,11
цинка	%	0,76	0,76	0,08	-	-	-	0,76	0,76	0,08
золота	г/т	0,86	0,86	0,54	-	-	-	0,86	0,86	0,54
серебра	г/т	17,5	17,5	10,05	-	-	-	17,5	17,5	10,05
селена	%	0,007	0,007	0,008	-	-	-	0,007	0,007	0,008
теллура	%	0,0027	0,0027	0,0048	-	-	-	0,0027	0,0027	0,0048
кадмия	%	0,0085	0,0085	0,004	-	-	-	0,0085	0,0085	0,004
серы сульфидной	%	22,05	22,05	17,69	-	-	-	22,05	22,05	17,69

Далее проанализируем запасы, вовлекаемые в подземную отработку по данным рудника (без учета пересчета по результатам доразведки).

В отработку подземным способом по проекту вовлекаются балансовые запасы сульфидных руд, заключенные в рудных телах №№ I, II, III, расположенных ниже отметки 600 м в количестве 17 126,19 тыс. тонн руды, 538 281 тонн меди и 130 306 тонн цинка.

Балансовые запасы, расположенные выше отметки 600 м, требуют дополнительной проработки и будут вовлечены в добычу по отдельной рабочей документации. Количество их составляет 863,84 тыс. тонн руды, 27 134 тонн меди и 7 184 тонн цинка. Кроме верхних частей рудных тел 1 и 2 в их число вошла часть запасов смешанных руд по Верхнему рудному телу под дном карьера и, расположенная в восточном борту карьера, линза III.

По проекту ОГР доработке открытым способом подлежат запасы Верхнего рудного тела и линз I, II, расположенные выше отметки 700 м.

Вместе с тем, необходимо отметить, что на данном распределении запасов некорректно планировать дальнейшее развитие рудника. Для полной оценки перспектив месторождения был выполнен повариантный подсчет запасов, с учетом всех новых результатов геологоразведочных работ.

2.3 Повариантный подсчет запасов

Для повариантного подсчета запасов были условно приняты следующие параметры кондиций:

а) Бортовое содержание условной меди – в смешанных и сульфидных рудах – 0,7 % (как и в действующих кондициях); 0,6 %; 0,5 %; 0,4 %; 0,3 %; 0,2 %.

Рудные подсечения по канавам, подземным горным выработкам и скважинам выделены по указанным бортовым содержаниям условной меди, но подсчет запасов выполнен только по вариантам 0,7 %, 0,6 %, 0,5 % и 0,4 %.

б) Относить к смешанным рудам – руды с содержанием меди и цинка в окисленной и вторичной форме свыше 20 % от общего их содержания, к сплошным сульфидным – руды с содержанием серы более 35 %.

в) Коэффициенты для перевода в условную медь:

для смешанных руд – медь – 1,0

цинк – 0,4

свинец – 0,4

для сульфидных руд – медь – 1,0

цинк – 0,3

свинец – 0,2

При переводе в условную медь не учитывать содержания меди менее 0,4 %, цинка – менее 0,4 % и свинца – менее 0,5 %.

г) Минимальная промышленная мощность рудного тела и сортового интервала для открытой отработки – 4,0 м; для подземной, соответственно, 2,0 и 4,0 м. При меньших мощностях допускается оконтуривание по соответствующему метропроценту.

д) Максимальная мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчетный контур: для открытой отработки – 4,0 м и для подземной – 3,0 м.

Подсчет запасов сплошных и прожилково-вкрапленных сульфидных руд произвести в едином контуре с выделением медных и медно-цинковых технологических сортов руд статистическим способом.

В контуре балансовых руд, кроме основных полезных компонентов, подсчитать запасы золота и серебра, оценить ресурсы кадмия, общей сульфидной и пиритной серы, редких и рассеянных элементов.

Результаты подсчета запасов по рудным телам по вариантам бортового содержания условной меди (объемная масса рассчитана по уравнению регрессии) приведены в нижеследующих таблицах 2.5-2.8.

В таблице 2.10 сопоставлены запасы по всем рудным телам при различных бортовых содержаниях условной меди по месторождению Кусмурын. Таблица 2.10 включает сопоставление запасов при различных бортовых содержаниях меди по основным рудным телам "Верхнее", I, II, III, IV.

Таблица 2.5 - Сводная таблица запасов месторождения Кусмурын, подсчитанных по бортовому содержанию условной меди **0,7%** и объемной массой по уравнению регрессии

категория запасов	содержания										объем, т.м ³	об. масс. т/м ³	запасы руды, т.т	запасы полезных компонентов									
	Cu, %	Zn, %	Pb, %	Au, г/т	Ag, г/т	S пир., %	S общ., %	Cd, г/т	Se, г/т	Te, г/т				Cu, т.т	Zn, т.т	Pb, т.т	Au, кг	Ag, т	S пир., т.т	S общ., т.т	Cd, т	Se, т	Te, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ЗАПАСЫ ДЛЯ ОТКРЫТОЙ ОТРАБОТКИ																							
Верхнее рудное тело																							
C ₁	4,33	2,38	0,55	2,75	30,93	23,12	37,06	138	180	111	516,0	4,23	2183,1	94,4	51,9	11,9	6005	67,5	504,7	809,1	300	392	242
C ₂	1,79	1,13	0,27	1,75	18,57	20,97	23,03	77	88	16	5,2	3,87	20,1	0,4	0,2	0,1	35	0,4	4,2	4,6	2	2	0
C ₁ +C ₂	4,30	2,36	0,54	2,74	30,82	23,10	36,93	137	179	110	521,2	4,23	2203,2	94,8	52,1	12,0	6040	67,9	508,9	813,7	302	394	242
Линза III																							
СМЕШАННЫЕ РУДЫ																							
C ₂	1,35	0,15	0,01	0,05	2,12	13,55	14,37	5	74	10	170,4	3,64	621,0	8,4	0,9	0,1	31	1,3	84,1	89,2	3	46	7
СУЛЬФИДНЫЕ РУДЫ																							
C ₂	2,33	0,51	0,06	0,31	5,67	7,29	9,63	24	68	13	84,8	3,52	298,5	7,0	1,5	0,2	92	1,7	21,8	28,8	7	20	4
Сумма																							
C ₂	1,67	0,27	0,03	0,13	3,27	11,52	12,83	11	72	11	255,2	3,60	919,5	15,4	2,5	0,2	123	3,0	105,9	118,0	10	66	10
ИТОГО рудные тела "ВЕРХНЕЕ" и ЛИНЗА III																							
C ₁	4,33	2,38	0,55	2,75	30,93	23,12	37,06	138	180	111	516,0	4,23	2183,1	94,4	51,9	11,9	6005	67,5	504,7	809,1	300	392	242
C ₂	1,67	0,29	0,03	0,02	3,60	11,72	13,05	13	72	11	260,4	3,61	939,6	15,7	2,7	0,3	158	3,4	110,1	122,6	12	68	11
C ₁ +C ₂	3,53	1,75	0,39	0,20	22,71	19,69	29,84	100	147	81	776,4	4,02	3122,7	110,2	54,5	12,2	6163	70,9	614,9	931,7	312	460	252
ЗАПАСЫ ДЛЯ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКИ																							
Рудное тело I																							
C ₂	3,09	2,03	0,25	1,62	22,13	34,58	41,73	71	112	36	548,6	4,35	2388,8	73,8	48,4	6,0	3869	52,9	826,0	997,0	169	267	87
Рудное тело II																							
C ₁	2,71	0,39	0,08	0,58	14,22	14,34	15,27	31	75	24	5978,8	3,55	21225,1	576,3	81,9	17,9	12323	301,8	3043,7	3242,1	668	1590	516
C ₂	3,28	1,27	0,14	1,13	20,63	11,71	23,31	32	74	19	734,2	3,73	2739,6	89,8	34,9	3,8	3093	56,5	320,9	638,6	88	203	51
C ₁ +C ₂	2,78	0,49	0,09	0,64	14,95	14,04	16,19	32	75	24	6712,9	3,57	23964,6	666,0	116,8	21,7	15416	358,3	3364,5	3880,7	756	1793	568
Рудное тело II-II-I *																							

C ₂	1,33	0,01	0,04	0,25	3,18	10,12	11,85	4	58	12	18,5	3,00	55,6	0,7	0,0	0,0	14	0,2	5,6	6,6	0	3	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Рудное Тело III																							
C ₂	1,86	0,21	0,04	1,44	9,92	10,64	16,42	9	48	32	954,4	3,69	3524,7	65,5	7,4	1,6	1378	35,0	374,9	578,6	31	168	112
Рудное Тело III- Н -1																							
C ₂	1,52	0,13	0,35	0,25	3,18	10,12	11,85	4	58	12	525,9	3,57	1879,4	28,5	2,4	6,5	467	6,0	190,2	222,8	7	108	22
Рудное Тело III- Н -2																							
C ₂	1,69	0,37	0,04	0,45	5,22	18,45	21,24	13	35	11	48,4	3,8	184,6	3,1	0,7	0,1	82	1,0	34,1	39,2	2	6	2
Рудное тело IV																							
C ₂	2,23	0,12	0,02	0,25	5,01	12,49	14,65	4	57	13	161,6	3,65	589,3	13,2	0,7	0,1	149	2,9	73,6	86,3	2	34	8
Рудное тело IX																							
C ₂	1,10	0,03	0,01	0,13	2,16	5,95	7,25	2	15	4	120,1	3,46	415,2	4,6	0,1	0,0	55	0,9	24,7	30,1	1	6	2
Рудное тело IX-Н-I																							
C ₂	1,23	0,01	0,00	0,12	1,95	4,75	6,16	1	18	4	66,0	3,43	226,4	2,8	0,0	0,0	27	0,4	10,8	14,0	0	4	1
ИТОГО для подземной отработки																							
C ₁	2,71	0,39	0,08	0,58	14,22	14,34	15,27	31	75	24	5978,8	3,55	21225,1	576,3	81,9	17,9	12322,7	301,8	3043,7	3242,1	668	1590	516
C ₂	2,35	0,79	0,15	0,76	12,97	15,50	21,77	25	67	24	3177,7	3,78	12003,6	281,9	94,7	18,2	9134,4	155,7	1860,7	2613,2	302	800	285
C ₁ +C ₂	2,58	0,53	0,11	0,65	13,77	14,76	17,62	29	72	24	9156,4	3,63	33228,6	858,2	176,7	36,1	21457,1	457,5	4904,4	5855,3	970	2390	801
ВСЕГО ПО МЕСТОРОЖДЕНИЮ																							
C ₁	2,87	0,57	0,13	0,78	15,78	15,16	17,31	41	85	32	6494,7	3,60	23408,1	670,7	133,8	29,8	18327,4	369,3	3548,4	4051,1	968	1982	758
C ₂	2,30	0,75	0,14	0,72	12,29	15,23	21,14	24	67	23	3438,1	3,76	12943,2	297,7	97,4	18,5	9292,7	159,1	1970,8	2735,8	314	868	296
C ₁ +C ₂	2,66	0,64	0,13	0,76	14,54	15,18	18,67	35	78	29	9932,8	3,66	36351,3	968,4	231,2	48,3	27620,1	528,5	5519,2	6787,0	1282	2850	1054
в том числе рудные тела: Верхнее, I, II, III, IV																							
C ₁	2,87	0,57	0,13	0,78	15,78	15,16	17,31	41	85	32	6494,7	3,60	23408,1	670,7	133,8	29,8	18327,4	369,3	3548,4	4051,1	968	1982	758
C ₂	2,62	0,99	0,13	0,92	15,94	17,27	24,89	32	73	28	2403,9	3,85	9262,5	242,6	91,8	11,6	8525,2	147,7	1599,6	2305,2	293	673	258
C ₁ +C ₂	2,80	0,69	0,13	0,82	15,82	15,76	19,46	39	81	31	8898,7	3,67	32670,6	913,3	225,5	41,4	26852,6	517,0	5148,0	6356,3	1261	2656	1016
отн. % от всех запасов																							
% отн.	4,9	8,5	0,0	8,2	8,9	3,8	4,2	9,4	3,7	7,3	88,0	2,2	89,9	94,3	97,5	85,7	97,2	97,8	93,3	93,7	98,3	93,2	96,4

Таблица 2.6 - Сводная таблица запасов по рудным телам при бортовом содержании меди **0,6%**

категория	содержания										объем блока, т. м3	объем. масса, т/м3	запасы руды, т.т	запасы полезных компонентов									
	Cu, %	Zn, %	Pb, %	Au, г/т	Ag, г/т	S пир., %	S общ., %	Cd, г/т	Se, г/т	Te, г/т				Cu, т.т	Zn, т.т	Pb, т.т	Au, кг	Ag, т	S пир., т.т	S общ., т.т	Cd, т	Se, т	Te, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Линза III																							
смешанные руды																							
C ₂	1,31	0,15	0,01	0,05	2,07	13,55	14,37	5,32	74,00	11,03	181,5	3,64	661,2	8,6	1,0	0,1	32,8	1,4	89,6	95,0	3,5	48,9	7,3
сульфидные руды																							
C ₂	2,18	0,49	0,05	0,30	5,65	7,00	9,24	23,88	62,88	12,01	96,5	3,51	338,7	7,4	1,6	0,2	101,1	1,9	23,7	31,3	8,1	21,3	4,1
итого линза III																							
C ₂	1,60	0,26	0,02	0,13	3,28	11,33	12,63	11,61	70,23	11,36	278,0	3,60	999,9	16,0	2,6	0,2	133,9	3,3	113,3	126,3	11,6	70,2	11,4
Верхнее рудное тело																							
C ₁	4,33	2,38	0,55	2,75	30,94	23,12	37,06	137,56	179,70	110,72	516,2	4,23	2184,2	94,5	51,9	11,9	6008,2	67,6	505,0	809,5	300,5	392,5	241,8
C ₂	1,79	1,13	0,27	1,75	18,57	20,97	23,03	77,29	87,58	15,78	5,2	3,87	20,1	0,4	0,2	0,1	35,2	0,4	4,2	4,6	1,6	1,8	0,3
C ₁ +C ₂	4,30	2,36	0,54	2,74	30,83	23,10	36,93	137,01	178,86	109,86	521,4	4,23	2204,3	94,9	52,1	12,0	6043,4	67,9	509,2	814,1	302,0	394,3	242,2
Рудное тело I																							
C ₂	3,05	2,00	0,25	1,63	22,09	34,64	41,73	70,79	110,18	35,62	559,7	4,35	2437,0	74,3	48,7	6,0	3970,7	53,8	844,3	1017,0	172,5	268,5	86,8
Рудное тело II																							
C ₁	2,66	0,38	0,08	0,58	14,19	13,90	15,95	31,37	74,42	24,14	6185,1	3,57	22066,9	586,8	83,4	18,2	12743,7	313,0	3067,3	3520,4	692,3	1642,3	532,7
C ₂	3,19	1,24	0,14	1,10	20,19	9,24	23,03	31,29	71,14	15,91	773,3	3,73	2881,0	92,0	35,7	4,0	3170,5	58,2	299,6	663,5	90,2	205,0	45,8
C ₁ +C ₂	2,72	0,48	0,09	0,64	14,88	13,36	16,77	31,36	74,04	23,19	6958,5	3,59	24947,9	678,8	119,1	22,2	15914,2	371,2	3366,9	4183,9	782,4	1847,2	578,5
Рудное тело II-H-I																							
C ₂	1,21	0,02	0,04	0,05	1,45	4,16	4,44	0,61	23,5	4,45	23,4	3,00	70,3	0,8	0,0	0,0	3,5	0,1	2,9	3,1	0,0	1,7	0,3
Рудное Тело III																							
C ₂	1,83	0,21	0,04	1,46	5,64	10,25	18,80	9,41	53,75	37,19	969,0	3,75	3636,2	66,6	7,5	1,4	1418,7	20,5	372,6	683,6	34,2	195,4	135,2
Рудное Тело III- Н -I																							
C ₂	1,28	0,11	0,01	0,24	2,62	10,00	11,06	2,93	51,05	11,48	836,6	3,55	2972,8	37,9	3,2	0,3	720,3	7,8	297,4	328,7	8,7	151,8	34,1
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Рудное Тело III- Н -2																								
C ₂	1,61	0,38	0,04	0,47	5,12	19,49	22,40	13,45	34,91	11,80	54,6	3,85	209,9	3,4	0,8	0,1	97,8	1,1	40,9	47,0	2,8	7,3	2,5	
Рудное тело IV																								
C ₂	2,18	0,12	0,02	0,24	4,68	12,13	14,22	4,10	53,57	12,36	169,9	3,63	617,4	13,4	0,7	0,1	145,6	2,9	74,9	87,8	2,5	33,1	7,6	
Рудное тело IX																								
C ₂	1,10	0,03	0,01	0,13	2,16	5,95	7,25	1,78	15,37	3,91	120,1	3,46	415,2	4,6	0,1	0,0	54,7	0,9	24,7	30,1	0,7	6,4	1,6	
Рудное тело IX-Н-I																								
C ₂	1,23	0,01	0,00	0,12	1,95	4,75	6,16	1,13	18,07	4,12	66,0	3,43	226,4	2,8	0,0	0,0	26,5	0,4	10,8	14,0	0,3	4,1	0,9	
ВСЕГО по месторождению																								
C ₁	2,81	0,56	0,12	0,77	15,69	14,73	17,85	40,9	83,9	31,9	6701,4	3,62	24251,1	681,3	135,2	30,1	18751,9	380,6	3572,3	4329,9	992,7	2034,8	774,5	
C ₂	2,15	0,69	0,09	0,67	10,31	14,40	20,75	22,4	65,2	22,5	3855,7	3,76	14486,3	312,1	99,6	12,3	9777,5	149,3	2085,5	3005,8	325,2	945,2	326,7	
C ₁ +C ₂	2,56	0,61	0,11	0,74	13,68	14,61	18,94	34,0	76,9	28,4	10557,1	3,67	38737,3	993,4	234,8	42,4	28529,4	529,9	5657,8	7335,7	1317,9	2980,0	1101,1	
в т.ч. По рудным телам Верхнее, I, II, III, IV																								
C ₁	2,81	0,56	0,12	0,77	15,69	14,73	17,85	40,9	83,9	31,9	6701,4	3,62	24251,1	681,3	135,2	30,1	18751,9	380,6	3572,3	4329,9	992,7	2034,8	774,5	
C ₂	2,57	0,97	0,12	0,91	14,16	16,63	25,61	31,4	73,4	28,8	2477,1	3,87	9591,7	246,6	92,8	11,6	8740,6	135,8	1595,5	2456,6	301,0	703,8	275,8	
C ₁ +C ₂	2,74	0,67	0,12	0,81	15,26	15,27	20,05	38,2	80,9	31,0	9178,5	3,69	33842,8	927,9	228,1	41,7	27492,6	516,4	5167,8	6786,4	1293,7	2738,6	1050,3	
% от всех запасов																								
C ₁ +C ₂	6,9	11,2	12,5	10,3	11,5	4,5	5,9	12,4	5,2	9,2	86,9	0,5	87,4	93,4	97,1	98,3	96,4	97,4	91,3	92,5	98,2	91,9	95,4	

Таблица 2.7 - Сводная таблица запасов по рудным телам при бортовом содержании меди **0,5%**

категория запасов	содержания										объем блока, т.м3	объем. масса, т/м³	запасы руды, т.т	запасы полезных компонентов									
	Cu, %	Zn, %	Pb, %	Au, г/т	Ag, г/т	S пир., %	S общ., %	Cd, г/т	Se, г/т	Te, г/т				Cu, т.т	Zn,т.т	Pb, т.т	Au, кг	Ag, т	S пир., т.т	S общ., т.т	Cd, т	Se, т	Te, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
линза III																							
СМЕШАННЫЕ РУДЫ																							
C ₂	1,19	0,13	0,01	0,05	1,85	13,42	14,32	8,48	67,15	10,04	203,4	3,64	740,7	8,8	0,9	0,1	36,5	1,4	99,4	106,0	6,3	49,7	7,4
СУЛЬФИДНЫЕ РУДЫ																							
C ₂	2,06	0,46	0,05	0,29	5,63	6,82	8,98	23,53	59,79	11,62	105,9	3,50	371,1	7,6	1,7	0,2	106,9	2,1	25,3	33,3	8,7	22,2	4,3
ИТОГО																							
C ₂	1,48	0,24	0,02	0,13	3,11	11,22	12,53	13,50	64,69	10,57	309,3	3,59	1111,8	16,4	2,6	0,3	143,4	3,5	124,7	139,4	15,0	71,9	11,7
Рудное тело "Верхнее"																							
C ₁	4,33	2,38	0,55	2,75	30,94	23,12	37,06	137,56	179,70	110,72	516,2	4,23	2184,2	94,5	51,9	11,9	6008,2	67,6	505,0	809,5	300,5	392,5	241,8
C ₂	1,79	1,13	0,27	1,75	18,57	20,97	23,03	77,29	87,58	15,78	5,2	3,87	20,1	0,4	0,2	0,1	35,2	0,4	4,2	4,6	1,6	1,8	0,3
C ₁ +C ₂	4,30	2,36	0,54	2,74	30,83	23,10	36,93	137,01	178,86	109,86	521,4	4,23	2204,3	94,9	52,1	12,0	6043,4	67,9	509,2	814,1	302,0	394,3	242,2
Рудное тело I																							
C ₂	3,03	1,98	0,25	1,63	22,06	34,65	41,71	70,75	109,61	35,39	564,1	4,35	2455,8	74,4	48,7	6,0	4006,6	54,2	851,0	1024,4	173,7	269,2	86,9
Рудное тело II																							
C ₁	2,61	0,38	0,08	0,59	14,34	13,93	15,74	30,93	73,49	23,72	6315,8	3,56	22505,1	587,5	86,2	18,3	13229,7	322,8	3134,1	3542,8	695,9	1653,3	533,6
C ₂	3,12	1,20	0,14	1,19	22,07	10,22	21,80	31,57	69,63	15,55	794,4	3,70	2939,5	91,6	35,1	4,0	3507,4	64,9	300,5	640,7	92,8	204,7	45,7
C ₁ +C ₂	2,67	0,48	0,09	0,66	15,24	13,50	16,44	31,00	73,04	22,77	7110,2	3,58	25444,6	679,1	121,3	22,3	16737,0	387,6	3434,6	4183,5	788,7	1858,0	579,3
Рудное тело II-Н-I																							
C ₂	0,92	0,10	0,04	0,05	1,45	4,16	4,44	0,61	23,5	4,45	43,1	3,00	129,4	1,2	0,1	0,1	6,5	0,2	5,4	5,7	0,1	3,0	0,6
Рудное Тело III																							
C ₂	1,76	0,20	0,03	1,42	5,39	9,38	16,29	8,57	37,94	19,77	1013,0	3,69	3738,0	65,6	7,6	1,3	1436,5	20,1	350,5	609,0	32,0	141,8	73,9
Рудное Тело III- Н -I																							
C ₂	1,13	0,07	0,01	0,24		8,24	9,96	2,84	45,23	10,96	908,0	3,53	3202,5	36,1	2,2	0,3	753,0	8,4	263,8	318,8	9,1	144,8	35,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Рудное Тело III- Н -2																							
C ₂	1,31	0,28	0,02	0,38	4,21	15,64	17,98	10,05	30,69	10,77	95,8	3,73	357,5	4,7	1,0	0,1	136,5	1,5	55,9	64,3	3,6	11,0	3,8
Рудное тело IV																							
C ₂	2,16	0,11	0,02	0,25	4,94	12,22	14,33	4,09	56,48	12,89	176,3	3,64	641,2	13,8	0,7	0,1	161,1	3,2	78,4	91,9	2,6	36,2	8,3
Рудное тело IX																							
C ₂	1,10	0,03	0,01	0,13	2,16	5,95	7,25	1,77	15,41	3,92	120,8	3,46	417,7	4,6	0,1	0,0	54,9	0,9	24,9	30,3	0,7	6,4	1,6
Рудное тело IX-Н-I																							
C ₂	1,23	0,01	0,00	0,12	1,95	4,75	6,16	1,13	18,07	4,12	66,0	3,43	226,4	2,8	0,0	0,0	26,5	0,4	10,8	14,0	0,3	4,1	0,9
Всего по месторождению																							
C ₁	2,76	0,56	0,12	0,78	15,81	14,74	17,63	40,4	82,9	31,4	6832,1	3,61	24689,3	682,0	138,0	30,2	19237,9	390,3	3639,1	4352,2	996,4	2045,8	775,4
C ₂	2,04	0,65	0,08	0,67	10,34	13,58	19,31	21,8	58,7	17,6	4096,0	3,72	15239,9	311,6	98,5	12,2	10267,5	157,6	2070,0	2943,1	331,5	895,0	268,9
C ₁ +C ₂	2,49	0,59	0,11	0,74	13,72	14,30	18,27	33,3	73,6	26,2	10928,1	3,65	39929,2	993,6	236,6	42,5	29505,4	547,9	5709,1	7295,3	1327,8	2940,8	1044,4
в т.ч. По рудным телам Верхнее, I, II, III, IV																							
C ₁	2,76	0,56	0,12	0,78	15,81	14,74	17,63	40,4	82,9	31,4	6832,1	3,61	24689,3	682,0	138,0	30,2	19237,9	390,3	3639,1	4352,2	996,4	2045,8	775,4
C ₂	2,51	0,94	0,12	0,93	14,57	16,18	24,20	30,9	66,7	22,0	2552,9	3,84	9794,6	245,9	92,5	11,5	9146,7	142,7	1584,6	2370,6	302,7	653,7	215,1
C ₁ +C ₂	2,69	0,67	0,12	0,82	15,46	15,15	19,50	37,7	78,3	28,7	9385,0	3,67	34483,9	927,8	230,5	41,7	28384,6	533,1	5223,7	6722,8	1299,1	2699,5	990,5
% от всех запасов																							
C ₁ +C ₂	8,1	12,8	13,8	11,4	12,7	5,9	6,7	13,3	6,3	9,8	85,9	0,6	86,4	93,4	97,4	98,2	96,2	97,3	91,5	92,2	97,8	91,8	94,8

Таблица 2.8 - Сводная таблица по рудным телам по бортовому содержанию меди **0,4%**

категория запасов	содержания										объем блока, т.м³	объем. масса, т/м³	запасы руды, т.т	запасы полезных компонентов									
	Cu, %	Zn, %	Pb, %	Au, г/т	Ag, г/т	S пир., %	S общ., %	Cd, г/т	Se, г/т	Te, г/т				Cu, т.т	Zn, т.т	Pb, т.т	Au, кг	Ag, т	S пир., т.т	S общ., т.т	Cd, т	Se, т	Te, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
линза III																							
СМЕШАННЫЕ РУДЫ																							
C ₂	1,16	0,12	0,01	0,05	1,64	12,55	13,49	7,75	56,31	9,55	219,4	3,62	794,2	9,2	1,0	0,1	42,1	1,3	99,7	107,1	6,2	44,7	7,6
СУЛЬФИДНЫЕ РУДЫ																							
C ₂	2,33	0,51	0,06	0,31	5,67	7,29	9,63	23,82	67,61	12,62	84,8	3,52	298,5	7,0	1,5	0,2	92,3	1,7	21,8	28,8	7,1	20,2	3,8
итого по линзе III																							
C ₂	1,48	0,23	0,02	0,12	2,74	11,11	12,44	12,14	59,40	10,39	304,2	3,59	1092,7	16,2	2,5	0,3	134,4	3,0	121,4	135,9	13,3	64,9	11,4
Рудное тело "Верхнее"																							
C ₁	4,32	2,37	0,54	2,75	30,91	23,08	37,00	137,38	179,28	110,35	518,9	4,23	2194,5	94,8	52,1	12,0	6027,4	67,8	506,5	812,0	301,5	393,4	242,2
C ₂	1,61	0,99	0,23	1,54	16,71	19,04	20,91	67,47	81,58	15,64	5,6	3,81	21,5	0,3	0,2	0,0	33,1	0,4	4,1	4,5	1,4	1,8	0,3
C ₁ +C ₂	4,29	2,36	0,54	2,73	30,77	23,04	36,85	136,71	178,34	109,43	524,5	4,22	2216,0	95,1	52,3	12,0	6060,5	68,2	510,6	816,5	302,9	395,2	242,5
Рудное тело I																							
C ₂	2,94	1,92	0,24	1,57	21,35	33,98	40,84	68,60	109,58	34,89	584,1	4,33	2529,5	74,4	48,6	6,1	3978,4	54,0	859,5	1033,0	173,5	277,2	88,3
Рудное тело II																							
C ₁	2,59	0,38	0,08	0,58	14,66	12,18	16,28	35,96	73,38	24,05	6387,8	3,57	22836,0	592,2	87,3	18,1	13228,8	334,8	2780,4	3716,9	821,2	1675,7	549,2
C ₂	3,08	1,20	0,14	1,06	21,98	10,57	23,79	34,16	67,89	14,63	799,8	3,74	2993,1	92,3	36,0	4,1	3172,5	65,8	316,5	712,0	102,3	203,2	43,8
C ₁ +C ₂	2,65	0,48	0,09	0,63	15,51	11,99	17,15	35,75	72,74	22,96	7187,5	3,59	25829,1	684,5	123,3	22,2	16401,3	400,6	3096,9	4428,9	923,4	1878,9	593,0
Рудное тело II-Н-I																							
C ₂	0,92	0,10	0,04	0,05	1,45	4,16	4,44	0,61	23,5	4,45	43,1	3,00	129,4	1,2	0,1	0,1	6,5	0,2	5,4	5,7	0,1	3,0	0,6
Рудное Тело III																							
C ₂	1,49	0,18	0,03	1,27	4,54	10,04	15,36	7,91	31,46	18,56	1183,8	3,66	4338,6	64,6	7,7	1,5	1501,0	19,7	435,7	666,3	34,3	136,5	80,5
Рудное Тело III- Н -I																							
C ₂	1,10	0,06	0,01	0,22	2,53	12,68	15,26	10,00	64,99	14,49	914,1	3,67	3351,7	36,8	2,1	0,4	749,4	8,5	425,1	511,4	33,5	217,8	48,6
Рудное Тело III- Н -2																							
C ₂		0,21	0,02	0,32	3,16	13,12	15,23	6,87	28,00	12,02	181,9	3,66	666,0	6,2	1,4	0,1	215,8	2,1	87,4	101,4	4,6	18,7	8,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Рудное тело IV																							
C ₂	1,93	0,11	0,02	0,24	4,73	12,26	14,38	4,12	54,06	12,47	187,8	3,64	683,6	13,2	0,8	0,1	162,4	3,2	83,8	98,3	2,8	37,0	8,5
Рудное тело IX																							
C ₂	0,92	0,03	0,01	0,11	1,82	5,90	6,97	1,52	12,65	3,53	226,2	3,45	780,5	7,2	0,2	0,1	86,5	1,4	46,1	54,4	1,2	9,9	2,8
Рудное тело IX-Н-1																							
C ₂	0,86	0,02	0,01	0,12	1,73	4,92	6,15	1,89	17,56	4,49	133,8	3,43	458,9	3,9	0,1	0,0	53,4	0,8	22,6	28,2	0,9	8,1	2,1
ВСЕГО по месторождению																							
C ₁	2,74	0,56	0,12	0,77	16,09	13,13	18,09	44,9	82,7	31,6	6906,6	3,62	25030,4	687,0	139,4	30,1	19256,2	402,7	3286,9	4528,9	1122,7	2069,1	791,4
C ₂	1,86	0,59	0,08	0,59	9,33	14,12	19,66	21,6	57,4	17,3	4564,3	3,73	17045,5	316,5	99,8	12,9	10093,5	159,1	2407,5	3351,1	367,8	977,9	294,7
C ₁ +C ₂	2,38	0,57	0,10	0,70	13,35	13,53	18,73	35,4	72,4	25,8	11470,9	3,67	42075,9	1003,5	239,2	42,9	29349,7	561,7	5694,5	7880,0	1490,5	3047,0	1086,1
в т.ч. По рудным телам Верхнее, I, II, III, IV																							
C ₁	2,74	0,56	0,12	0,77	16,09	13,13	18,09	44,9	82,7	31,6	6906,6	3,62	25030,4	687,0	139,4	30,1	19256,2	402,7	3286,9	4528,9	1122,7	2069,1	791,4
C ₂	2,32	0,88	0,11	0,84	13,54	16,09	23,79	29,8	62,0	21,0	2761,1	3,83	10566,3	244,9	93,4	11,9	8847,4	143,1	1699,6	2514,1	314,4	655,6	221,4
C ₁ +C ₂	2,62	0,65	0,12	0,79	15,33	14,01	19,79	40,4	76,5	28,5	9667,7	3,68	35596,7	931,9	232,8	41,9	28103,7	545,7	4986,6	7043,0	1437,0	2724,7	1012,8
% от всех запасов																							
C ₁ +C ₂	9,8	15,0	15,5	13,2	14,8	3,5	5,6	14,0	5,7	10,2	84,3	0,4	84,6	92,9	97,3	97,7	95,8	97,2	87,6	89,4	96,4	89,4	93,3

Таблица 2.9 - Сопоставление запасов по всем рудным телам при различных бортовых содержаниях условной меди по месторождению Кусмурын

расхожд.	объемная масса, т/м	запасы руды, т.т	запасы полезных компонентов								
			Содержания								
			Cu	Zn	Au	Ag	S пир.	S общ.	Cd	Se	Te
			т.т/%	т.т/%	кг/г/т	т/г/т	т.т/%	т.т/%	т/г/т	т/г/т	т/г/т
	бортовое содержание условной меди 0,7%										
	3,66	36351,3	968,4	231,2	27620	528,8	5519,2	6787	1282	2850	1054
			2,66	0,64	0,76	14,54	15,18	18,67	35	78	29
	бортовое содержание условной меди 0,6%										
	3,67	38737,3	993,4	234,8	28529	529,9	5657,8	7335,7	1318	2980	1101
			2,56	0,61	0,74	13,68	14,61	18,94	34	77	28
	расхождение по запасам										
абсол.	0,01	2386	25,0	3,6	909,3	1,1	138,6	548,7	36	130	47
%отн.	0,3	6,6	2,6	1,6	3,3	0,2	2,5	8,1	2,8	4,6	4,5
	расхождение по содержаниям										
абсол.			-0,1	-0,03	-0,02	-0,86	-0,57	0,27	-1	-1	-1
%отн.			-3,9	-4,9	-2,7	-6,3	-3,9	1,4	-2,9	-1,3	-3,6
	бортовое содержание условной меди 0,5%										
	3,65	39929,2	993,6	236,6	29504	547,9	5709,1	7295,3	1328	2941	1044
			2,49	0,59	0,74	13,72	14,3	18,27	33	74	26
	расхождение по запасам										
абсол.	-0,02	1191,9	0,2	1,8	975	18	51,3	-40,4	10	-39	-57
%отн.	-0,5	3,1	0,0	0,8	3,4	3,4	0,9	-0,6	0,8	-1,3	-5,2
	расхождение по содержаниям										
абсол.			-0,07	-0,02	0	0,04	-0,31	-0,67	-1	-3	-2
%отн.			-2,7	-3,3	0,0	0,3	-2,1	-3,5	-2,9	-3,9	-7,1
	бортовое содержание условной меди 0,4%										
	3,67	42075,9	1003,5	239,2	29350	561,7	5694,5	7880	1491	3047	1086
			2,38	0,57	0,7	13,35	13,53	18,73	35	72	26
	расхождение по запасам										
абсол.	0,02	2146,7	9,9	2,6	-154,7	13,8	-14,6	584,7	163	106	42
%отн.	0,5	5,4	1,0	1,1	-0,5	2,5	-0,3	8,0	12,3	3,6	4,0
	расхождение по содержаниям										
абсол.			-0,11	-0,02	-0,04	-0,37	-0,77	0,46	2	-2	0
%отн.			-4,4	-3,4	-5,4	-2,7	-5,4	2,5	6,1	-2,7	0,0

Таблица 2.10 - Сопоставление запасов при различных бортовых содержаниях меди по основным рудным телам "Верхнее", I, II, III, IV

расхожд.	объемная масса, т/м	запасы руды, т.т	запасы полезных компонентов								
			Содержания								
			Cu	Zn	Au	Ag	S пир.	S общ.	Cd	Se	Te
			т.т/%	т.т/%	кг/г/т	т/г/т	т.т/%	т.т/%	т/г/т	т/г/т	т/г/т
	бортовое содержание условной меди 0,7%										
	3,67	32670,6	913,3	225,5	26852,6	517,0	5148,0	6356,3	1261	2656	1016
			2,80	0,69	0,82	15,82	15,76	19,46	39	81	31
	бортовое содержание условной меди 0,6%										
	3,69	33842,8	927,9	228,1	27492,6	516,4	5167,8	6786,4	1294	2739	1050
			2,74	0,67	0,81	15,26	15,27	20,05	38	81	31
	расхождение по запасам										
абсол.	0,02	1172,2	14,6	2,6	640	-0,6	19,8	430,1	33	83	34
%отн.	0,5	3,6	1,6	1,2	2,4	-0,1	0,4	6,8	2,6	3,1	3,3
	расхождение по содержаниям										
абсол.			-0,06	-0,02	-0,01	-0,56	-0,49	0,59	-1	0	0
%отн.			-2,2	-3,0	-1,2	-3,7	-3,2	2,9	-2,6	0,0	0,0
	бортовое содержание условной меди 0,5%										
	3,67	34483,9	927,8	230,5	28384,6	533,1	5223,7	6722,8	1299	2700	990
			2,69	0,67	0,82	15,46	15,15	19,5	38	78	29
	расхождение по запасам										
абсол.	-0,02	641,1	-0,1	2,4	892	16,7	55,9	-63,6	5	-39	-60
%отн.	-0,5	1,9	0,0	1,1	3,2	3,2	1,1	-0,9	0,4	-1,4	-5,7
	расхождение по содержаниям										
абсол.			-0,05	0	0,01	0,2	-0,12	-0,55	0	-3	-2
%отн.			-1,8	0,0	1,2	1,3	-0,8	-2,7	0,0	-3,7	-6,5
	бортовое содержание условной меди 0,4%										
	3,68	35596,7	931,9	232,8	28103,7	545,7	4986,6	7043	1437	2725	1013
			2,62	0,65	0,79	15,33	14,01	19,79	40	77	29
	расхождение по запасам										
абсол.	0,01	1112,8	4,1	2,3	-280,9	12,6	-237,1	320,2	138	25	23
%отн.	0,3	3,2	0,4	1,0	-1,0	2,4	-4,5	4,8	10,6	0,9	2,3
	расхождение по содержаниям										
абсол.			-0,07	-0,02	-0,03	-0,13	-1,14	0,29	2	-1	0
%отн.			-2,6	-3,0	-3,7	-0,8	-7,5	1,5	5,3	-1,3	0,0

Из таблиц следует, что при изменении бортового содержания условной меди прирост запасов является не существенным – в запасах по всему месторождению прирост руды не превышает 10 %: +6,6 % отн., +3,1 % отн. и +5,4 % отн. По меди же прирост еще ниже: +2,6 %, 0, 1,0 %. По золоту: +3,3 %, +3,4 % и рост -0,5 %.

В таблице 2.11 приведены оставшиеся запасы в контуре проектного карьера по бортовому содержанию условной меди 0,7 % по состоянию на 01.01.2019 г.

Таблица 2.11 - Оставшиеся запасы в контуре проектного карьера по бортовому содержанию условной меди 0,7% по состоянию на 01.01.2018 г.

Категория	запасы руды, т.т	запасы полезных компонентов						содержания			
		Cu, т.т	Zn, т.т	Pb, т.т	Au, кг	Ag, т	S пир., т.т	S общ., т.т	Cd, т	Se, т	Te, т
Верхнее рудное тело											
C1	1464,9	62,4	37,4	9,0	4407,1	49,2	339,2	548,8	290,4	286,0	192,6
		4,26	2,55	0,61	3,01	33,60	23,15	37,46	198,3	195,2	131,5
линза III											
C2	303,9	5,2	0,7	0,0	9,9	0,7	41,2	43,7	1,0	0,2	0,1
		1,72	0,23	0,00	0,03	2,14	13,55	14,37	3,4	0,5	0,3
Итого											
C1 + C2	1768,8	67,6	38,0	9,0	4417,1	49,9	380,4	592,4	291,5	286,2	192,7
		3,82	2,15	0,51	2,50	28,20	21,50	33,49	164,8	161,8	109,0

Сопоставление запасов, числящихся на государственном балансе Республике Казахстан, оставшихся в карьере и вновь подсчитанных, позволяет сделать выводы, что в проектом контуре карьера еще достаточно большие запасы меди – 67,6 тыс. тонн (3,82 %), цинка – 38,0 тыс. тонн (2,15 %), золота – 4417 кг (2,5 г/т) и серебра – 49,9 тонн (28,2 г/т). Как показывают исследования, необходимо выполнить корректировку проекта отработки запасов месторождения открытым способом.

Для подземной разработки запасов, благодаря доразведке 2010-2017 гг. получен значительный прирост: относительный прирост по руде составил 89 % (15 656 тыс. тонн), по меди – 55 % (306 тыс. тонн), по цинку – 32 % (43 тыс. тонн), по золоту – 42 % (6,4 тонны), по серебру – 49 % (150 тонн). При этом содержания полезных компонентов уменьшились: медь на –18% (с 3,14 % до 2,58 %), цинк на –30 % (с 0,76 % до 0,53 %), золото на –24 % (с 0,86 г/т до 0,65 г/т), серебро на 21 % (с 17,5 г/т до 13,8 г/т). Однако по-прежнему, остаются достаточно высокими для месторождений данного типа и позволяют выполнить геолого-экономическую оценку эффективности вовлечению их в эксплуатацию.

3 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

3.1 Общие принципы геолого-экономической оценки месторождений

Основным определяющим признаком отнесения разработки месторождения к комбинированному способу является учет взаимного влияния и общей связи его основных инфраструктурных параметров.

В основу классификации способов комбинированной разработки месторождений положены очередность (последовательность) развития открытых и подземных работ и степень их совмещения [65]:

1 группа – с последовательным переходом от открытых работ к подземным горным работам;

2 группа – с последовательным переходом от подземного способа к открытым горным работам;

3 группа – одновременная разработка месторождений открытыми и подземными работами в течение продолжительного времени.

Определение термина «экономическая оценка месторождений полезных ископаемых» осложняется отсутствием единых взглядов. В процессе развития экономической геологии и экономики минерального сырья употребляли множество терминов, по содержанию отражали суть экономической оценки месторождений или его определенные аспекты. В работах специалистов часто сталкиваемся с терминами «геолого-экономическая», «промышленная», «геолого-промышленная», «промышленно-экономическая», «экономическая», «стоящая» оценка [66,78,79]. По нашему мнению, различие между ними четко сформулировал Д.К. Русанов, который определил экономическую оценку месторождений полезных ископаемых как оценку по единому экономическому критерию, отражающий абсолютное экономическое значение месторождения в стоимостном выражении [80]. Чтобы четче понять этот термин, поясним его отличие от вышеприведенных.

В утвержденной Классификации запасов и ресурсов полезных ископаемых геолого-экономическая оценка объектов геологоразведочных работ определена как «периодический анализ результатов геологического и технико-экономического изучения скоплений полезных ископаемых с целью установления их промышленного значения на основе определения с растущей детальностью технологической схемы добычи и переработки минерального сырья, технико-экономических показателей производственного процесса и финансовых результатов реализации товарной продукции горного производства» [80-84].

Суть, цели и принципы геолого-экономической оценки месторождений основательно освещены в работах Каждана А.Н. и Кобахидзе Л.П., по мнению которых этот процесс включает оценку геологических особенностей месторождения, ценности полезного ископаемого и возможного экономического эффекта от использования добытого минерального сырья [66,с.64]. Здесь

условно разделены геологическая (базируется на результатах геологоразведочных работ, обобщаются при подсчете запасов) и экономическая части оценки (определяется возможный экономический эффект от использования запасов). Такое деление условно, потому что эти процессы тесно связаны и практически не отделены. Но в теоретическом аспекте он важен для понимания того, что при геолого-экономической оценке используют систему геологических и экономических показателей. При экономическом оценивании – единственные экономические критерии. В зарубежной литературе такие понятия четко не разграничены и довольно часто [85-88] к экономической оценке месторождений включают расчеты не только чисто экономических показателей (прибыли, цен, затрат), но и геологических и технологических (подсчет запасов, коэффициенты извлечения, технологичность руд и т.п.).

Как видим, термин «геолого-экономическая оценка» месторождений полезных ископаемых основательный и более комплексный для отображения всесторонней оценки объекта недр. Поскольку в последнее время актуализировались проблемы именно экономической оценки недр, мы отделили его от геологической части [83,84].

Главными факторами, которые влияют на эти показатели, то есть запасы месторождения, их качество и горно-технические условия разработки объекта. Для месторождений со значительными, иногда почти неограниченными запасами производственную мощность предприятия определяют с учетом внутреннего и внешнего спроса на минеральное сырье.

Принципиальным является решение того, каким образом разрабатывать месторождение: открытым, подземным или комбинированным. Открытый способ разработки имеет ряд безусловных преимуществ по сравнению с подземным [89, с.251,90,91]. Главные из них следующие:

- а) высокая производительность и низкая себестоимость добычи;
- б) короткие сроки перехода предприятия на полную мощность;
- в) возможность интенсивной разработки месторождения и соответственно большие производственные мощности карьеров по сравнению с шахтами;
- г) как правило, выше степень безопасности ведения горных работ;
- д) меньшие потери полезного ископаемого в процессе освоения.

Применительно к месторождению Кусмурын, производительность добычи предопределяется возможностями имеющегося обогащательного передела – Карагайлинской обогащательной фабрики. Таким образом, в соответствии со Стратегическим планом развития ТОО «Корпорация Казахмыс», доля товарной руды месторождения Кусмурын определена в размере до 1 млн. тонн в год (для подземной добычи).

Достижение поставленных целей экономической оценки, то есть установление промышленного значения месторождения полезных ископаемых, невозможно без определения доходов от реализации конечной продукции горного предприятия [92,с.264, 95,96]. Большинство методов расчета ценности месторождений основывается на нахождении разницы между стоимостью добытой продукции и суммарными затратами на ее получение и реализацию. Все

технико-экономические расчеты выполняют, исходя из цены на минеральное сырье. Возможные доходы от освоения месторождения – довольно четкий ориентир для оценки объекта на всех стадиях геологоразведочных работ, даже на начальных, когда расходные части почти невозможно рассчитать прямым путем.

Следует применять такие эмпирические правила: никогда не выбирать «ценовых пиков»; выбирать цену, близкую к цене производителя, потому что колебания цен производителей меньше, чем колебания цен на биржах сырья.

При учете влияния цены на сырье во время экономической оценки месторождения стоит также установить безубыточный уровень, то есть цену, покрывающую лишь стоимость проекта [66, 69]. Единого определения этого термина не существует. Как правило, безубыточный уровень означает, что все капитальные и эксплуатационные расходы, налоги, процентные выплаты полностью (без избытка и недостат) будут обеспечиваться прибылью. В этом случае период возврата платежей совпадает со сроком эксплуатации месторождения. Цена является важной составляющей рыночного механизма и во многом ее влияние при определении дохода горного предприятия является решающим.

Учитывая длительные сроки эксплуатации месторождения Кусмурын, а также колебания цен на металлы, для расчетов экономической эффективности добычи выполнен ретроспективный анализ биржевых цен (Лондонской биржи металлов, LME) на сырье. Рассмотрен 10-летний период, средняя цена на хим. чистые металлы при этом составила:

- медь – 6760,17 долларов США за 1 тонну;
- цинк – 2283,46 долларов США за 1 тонну;
- свинец – 2105,09 долларов США за 1 тонну;
- золото – 1347,23 долларов США за 1 тройскую унцию.
- серебро – 21,09 долларов США за 1 тройскую унцию.

Таблица 3.3 - Динамика мировых цен на медь

Год	Цена (в USD) на Лондонской бирже металлов за 1 тонну металла		
	Номинальная	С учетом инфляции	Изменение
2019	6 002,69	6 002,69	5%
2018	5 719,76	5 719,76	1%
2017	5 660,35	5 796,20	14%
2016	4 867,90	5 099,38	-13%
2015	5 510,46	5 905,26	-25%
2014	6 863,40	7 362,49	-7%
2013	7 331,49	7 990,45	-9%
2012	7 958,93	8 804,40	-11%
2011	8 823,45	9 965,73	15%
2010	7 538,37	8 786,74	31%

Таблица 3.4 - Динамика мировых цен на цинк

Год	Цена (в USD) на Лондонской бирже металлов за 1 тонну металла		
	Номинальная	С учетом инфляции	Изменение
2019	2 547,41	2 547,41	-1%
2018	2 573,40	2 573,40	-4%
2017	2 664,81	2 728,77	22%
2016	2 089,98	2 189,36	8%
2015	1 931,68	2 070,08	-12%
2014	2 160,97	2 318,11	12%
2013	1 910,17	2 081,86	-2%
2012	1 950,02	2 157,17	-13%
2011	2 195,53	2 479,76	2%
2010	2 160,36	2 518,12	23%

Таблица 3.5 - Динамика мировых цен на свинец

Год	Цена (в USD) на Лондонской бирже металлов за 1 тонну металла		
	Номинальная	С учетом инфляции	Изменение
2019	1 999,29	1 999,29	-11%
2018	2 601,45	2 601,45	13%
2017	2 257,78	2 311,97	17%
2016	1 872,25	1 961,28	5%
2015	1 787,82	1 915,91	-17%
2014	2 095,46	2 247,84	-2%
2013	2 139,75	2 332,07	4%
2012	2 063,56	2 282,77	-16%
2011	2 400,71	2 711,51	11%
2010	2 148,19	2 503,94	20%

Таблица 3.6 - Динамика мировых цен на золото

Год	Цена (в USD) на Лондонской бирже металлов за 1 тройскую унцию металла		
	Номинальная	С учетом инфляции	Изменение
2019	1 558,83	1 558,83	15%
2018	1 354,95	1 354,95	7%
2017	1 257,12	1 287,29	1%
2016	1 250,74	1 310,22	7%
2015	1 160,06	1 243,17	-9%
2014	1 266,40	1 358,49	-11%
2013	1 411,23	1 538,07	-18%
2012	1 668,98	1 846,27	6%
2011	1 571,52	1 774,97	22%
2010	1 224,53	1 427,32	21%

Таблица 3.7 - Динамика мировых цен на серебро

Год	Цена (в USD) на Лондонской бирже металлов за 1 тройскую унцию металла		
	Номинальная	С учетом инфляции	Изменение
1	2	3	4
2019	16,21	16,21	-2%
2018	17,00	17,00	0%

Продолжение таблицы 3.7

1	2	3	4
2017	17,05	17,45	-1%
2016	17,14	17,96	9%
2015	15,68	16,80	-22%
2014	19,08	20,47	-25%
2013	23,79	25,93	-31%
2012	31,15	34,46	-13%
2011	35,12	39,67	43%
2010	20,19	23,54	27%

Также одним из основополагающих принципов геолого-экономической оценки месторождений является учет капиталовложений – средств, выделенных на капитальное строительство, то есть инвестиций, необходимых для создания основных фондов предприятия [97, с.164]. Их объем является важным показателем при оценке месторождения. В горной промышленности капиталовложения делятся на фонды промышленного и непромышленного назначения.

В фонды промышленного назначения относятся рудник с комплексом горно-капитальных выработок, зданий, сооружений, обогатительная фабрика с объектами хвостового хозяйства, водоснабжения, участки автомобильных дорог от месторождения до существующих путей сообщения и тому подобное. Капиталовложения в строительство рудника определяют согласно способу разработки с учетом годовой производственной мощности, удельных капиталовложений в горно-капитальные работы, оборудование, здания и сооружения в соответствии с глубиной разработки.

Непромышленные фонды – это объекты социального, жилищного и бытового назначения. Капиталовложения в непромышленные фонды определяют в зависимости от количества рабочих на предприятии.

Важной составляющей капитальных расходов являются расходы на геологическую разведку, которую раньше выполняли за счет государственного бюджета. Капиталовложения в предстоящие геологоразведочные работы рекомендуют рассчитывать, исходя из запасов и затрат на разведку 1 т руды категорий В + С₁ + С₂, затраты на геологоразведочные работы ранее детально разведанных месторождений – введением налогов на восстановление минерально-сырьевой базы [98].

Следует отметить, что предполагаемые оценки основываются на косвенных оценках затрат, преимущественно на аналоговых затратах. Их определяют способом сравнения с уже существующими или недавно построенными предприятиями. По данным детальной разведки в проектных организациях нужно подобрать объекты, аналогичные оцениваемому, взять соответствующие цифры удельных и абсолютных капиталовложений с учетом способов разработки, главных условий для раскрытия и эксплуатации месторождения, а также вещественного состава полезного ископаемого. Вопрос капиталовложений в очень дорогие сооружения, необходимые для освоения

месторождений, например сооружение железных дорог, районных электростанций, регулирование стока рек и водоемов, прокладки магистральных линий водо- и энергоснабжения и т.п., как правило, рассматривают отдельно.

В основном имеющиеся данные нужно приспособлять к каждой конкретной ситуации. Капитальные затраты могут быть датированы прошлыми годами, их следует определять с учетом инфляции в настоящее время и на предстоящие годы [99, с.105]. Общепринято проводить экономические оценки с устойчивыми ценами и доходами. Для расчетов капитальных затрат данные, старше 5-6 лет, надо использовать осторожно, а данные за 10 лет и более непригодны, кроме случаев отсутствия новой информации по конкретным предприятиям [100, с.264]. Для определения капитальных затрат его применяют, если имеется информация о расходах ограничивается только одним предприятием.

3.2 Современные методы экономической оценки месторождений полезных ископаемых и проблемы выбора единого критерия оценки

Все месторождения по мере изучения и использования недр должны согласовываться с геолого-экономической оценкой запасов и ресурсов полезных ископаемых, проводимой с целью определения их промышленного значения. Основой для этого служат технологическая схема добычи и переработки минерального сырья, технико-экономические показатели производственного процесса, финансовые результаты реализации товарной продукции горного производства.

Вместе с тем при формальной обеспеченности промышленности запасами многих видов полезных ископаемых на сотни лет геологические объекты до сих пор не систематизированы по степени потенциальной экономической эффективности их разработки, их инвестиционной привлекательности, выбору приоритетных направлений поисковых и геологоразведочных работ.

Для отечественной минерально-сырьевой базы этот вопрос обостряется следующими обстоятельствами:

1) достаточно высокая степень геологической изученности территории страны с реальным ростом отношения запасов к прогнозным ресурсам, снижает вероятность открытия крупных и даже средних по объему залежей месторождений с качественным сырьем (в основном запасы наращиваются из мелких месторождений, в которых сырье не всегда качественное);

2) запланирован прирост запасов многих видов полезных ископаемых. Это, прежде всего, нефть, природный газ, каменный уголь, титан, молибден, золото, редкоземельные металлы, фосфориты, бентонитовые и огнеупорные глины, глауконит;

3) отсутствие во многих случаях привлекательных для инвестора геологических объектов, которые можно эффективно осваивать, отсутствие инфраструктуры на большей территории страны.

Такую ситуацию осложняет несовершенный анализ финансово-экономического влияния на эффективность отработки месторождений полезных ископаемых, что связано с недостаточной разработкой и разрозненностью методологических и методических подходов к стоимостной оценке месторождений полезных ископаемых.

При плановой экономике геологоразведочные работы отделялись от промышленной эксплуатации месторождений. В то время как при рыночной экономике их считают первыми этапами коммерческого освоения месторождений и затраты на них компенсируются из доходов от продажи минерального сырья. При транзитной экономике современного периода наше государство не может и не должно финансировать из собственного бюджета необходимые объемы геологоразведочных работ. В таких условиях проблема привлечения инвестиций в геологическую отрасль с целью наращивания минерально-сырьевой базы страны приобретает особое значение. Решить ее можно только стоимостной переоценкой всего имеющегося фонда месторождений Казахстана, которые не эксплуатируются, с выделением инвестиционно привлекательной их части.

Стоимостная оценка месторождений отражает стоимость их запасов в денежном выражении. Она принципиально отличается от стоимостной оценки действующих промышленных предприятий, поскольку во многих случаях оценивают объект деятельности горного предприятия, только запланированного строиться. Кроме использования этой оценки при определении платежей за пользование недрами, экономического эффекта от промышленного освоения минеральных ресурсов, при принятии управленческих решений в сфере налогообложения стоимость запасов в денежном выражении является основой залоговой стоимости месторождения, курсовой стоимости акций, применяется при решении других вопросов развития минерально-сырьевого комплекса в условиях рыночной экономики. Стоимостной оценке должны подлежать объекты как распределенного, так и нераспределенного фонда недр. Особое внимание надо уделять запасам резервных месторождений нераспределенного фонда недр, поскольку показатели экономической эффективности их промышленного освоения не отвечают современным требованиям. Причиной отсутствия единой методики стоимостной оценки месторождений полезных ископаемых и утвержденной нормативной базы является разрозненность подходов к решению этой проблемы.

Согласно анализу последних публикаций и существующих методик, а также рекомендаций по стоимостной оценке геологических объектов, основными подходами признаны затратный, сравнительный и доходный, выбор которых зависит от степени геологической изученности конкретного участка недр, наличия информационной базы. Перечисленные подходы к стоимостной оценке месторождений сравниваемые между собой приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Сравнительная характеристика методических подходов к стоимостной оценке месторождений

Подход	Примененный метод	Решаемые вопросы	Условие применения	Недостаток
затратный	Капитализация расходов с применением различных мультипликаторов	Оценка осуществленных и будущих затрат на освоение месторождения	Непригодность других методов или их применение на начальных стадиях геологического изучения недр	Приводит к противоречиям по стоимости месторождения: чем больше затраты, тем больше стоимость месторождения
сравнительный	Сопоставления сделок и опционов	Оценка стоимости недр по принципу замещения их полезности	При наличии значительной информационной базы по сделкам	Возможны ошибки, связанные с текущими изменениями рынка и особенностями конкретного объекта относительно объекта сравнения
доходный	Дисконтирования денежных потоков, капитализация, реальные опционы	Оценка ожидаемых доходов от эксплуатации месторождений; период и динамика изменения доходов	Универсальный	Возможные ошибки выбора коэффициента дисконтирования

Затратный подход основывается на определении затрат на хозяйственное освоение месторождения. Определяющими показателями являются затраты на разведку и подготовку месторождения к освоению, добычу и обогащение полезных ископаемых, формирование сопутствующей инфраструктуры, на рекультивацию и восстановление природных ресурсов. Его применение для стоимостного оценивания участков недр связано с таким противоречием: чем больше затраты на разведку и разработку месторождения, тем выше его стоимость, что неправильно. Методы этого подхода применяют на определенных этапах изучения недр и непригодности других подходов (например, на участках поисковых работ) или как вспомогательные (на участках проведения поисково-оценочных работ).

Сравнительный подход в некоторых публикациях рекомендуется как основной и вспомогательный при наличии представительной информационной базы сравнения [68], но его применение возможно только при наличии развитого рынка купли-продажи предприятий-аналогов отрасли. Свободного обращения месторождений полезных ископаемых и прав на их использование в современных условиях отечественной экономики нет.

Доходный подход по стоимостному оцениванию месторождений является основным. Он включает совокупность методов оценки стоимости геологического объекта, основанных на определении ожидаемых доходов от освоения объекта оценки. При этом определяющим является всесторонний учет конъюнктуры рынка конкретного вида сырья и цен на нее, поскольку именно эти показатели формируют потенциальную прибыль, которую ожидается получить в будущем.

Таким образом, стоимость месторождений полезных ископаемых в современных условиях целесообразно определять на базе доходного подхода, то есть сопоставлением затрат и доходов проекта, поскольку на сегодня значение конкретных месторождений полезных ископаемых для экономики государства зависит не только от благоприятных геологических, горнотехнических и технологических условий эксплуатации, но и от их привлекательности для инвесторов как государственных, так и частных, отечественных и иностранных. Максимизация прибыли на вложенный капитал является одной из концепций бизнеса, поэтому одним из современных методов определения стоимости проектов является метод дисконтирования денежных потоков, который широко применяют при стоимостной оценке месторождений полезных ископаемых.

Ставка дисконтирования отражает не только влияние финансово-экономических условий на эффективность эксплуатации месторождений, но и специфические риски инвестора, связанные со степенью разведанности месторождения, сложностью геологического строения, ситуацией на рынке конкретного вида минерального сырья. Такой подход целесообразен для определения не только коммерческой стоимости месторождений полезных ископаемых, но и эффективности эксплуатации объектов для экономики государства с учетом общеэкономических и экологических последствий. Однако обоснование величины ставки дисконтирования в каждом случае является наиболее дискуссионным вопросом, поскольку при ее неизменных значениях, особенно в условиях нестабильного развития экономики, возникает проблема точности полученных результатов. Поэтому совершенствование существующих методик стоимостного оценивания месторождений полезных ископаемых и их соответствующее утверждение или введения новых крайне важны для управления, развития и эффективного использования отечественной минерально-сырьевой базы.

Чтобы разработать и внедрить новую методику стоимостного оценивания месторождений полезных ископаемых и выделить на ее основе инвестиционно привлекательную часть месторождений, по мнению авторов, нужны такие шаги:

- разработка и официальное утверждение самой методики стоимостного оценивания месторождений на базе доходного подхода с учетом показателей конъюнктуры внутреннего и внешнего рынка и инвестиционных рисков;
- осуществление постоянного мониторинга выходных показателей, которые положены в основу методики;
- перевод всего реестра имеющегося фонда месторождений полезных ископаемых на новое программное обеспечение, которое бы позволило вводом исходных показателей и их изменением определять инвестиционную привлекательность месторождений как в существующих, так и прогнозируемых экономических условиях.

Базовыми показателями оценки месторождений полезных ископаемых, которые определяют при геологическом изучении недр, является объем запасов полезных ископаемых и среднее содержание полезных компонентов. Однако только этих показателей для основательного экономической оценки объекта

недостаточно. Среди факторов, влияющих на ценность месторождения (геологические, горно-технические, технологические, географо-экономические, макроэкономические, финансовые), нельзя выделять главные и абсолютизировать их.

Базовыми для расчета всех оценочных показателей являются промышленные запасы, то есть геологические запасы в пределах действующих и проектируемых шахт, карьеров за исключением эксплуатационных потерь. Качество этих запасов зависит от коэффициента извлечения, в процессе добычи их определяют по формуле

$$Z_{\text{пром}} = Z_{\text{геол}} \frac{K_{\text{извл}}}{(1-r)}, \quad (3.1)$$

где $Z_{\text{пром}}$, $Z_{\text{геол}}$ – соответственно промышленные и геологические запасы полезных ископаемых; $K_{\text{извл}}$ – коэффициент извлечения; r – коэффициент разубоживания, доли единицы.

Коэффициент разубоживание характеризует степень извлечения в процессе добычи вместе с рудой и пустых вмещающих пород, так полезных компонентов в добытой руде меньше, чем в геологических запасах. К неизбежным потерям полезных ископаемых при добыче относятся потери:

а) связанные с геологическими и инженерно-геологическими факторами (изменение залегания, сложные контуры тел полезного ископаемого, особенности физических характеристик руд, например в зонах смятия, дробления, окисления, при неустойчивых породах кровли и подошвы и т.д.);

б) в охранных целиках стволов шахт, под водоемами, железными дорогами, поверхностными сооружениями и т.д.;

в) при разработке и транспортировке руды от забоя до обогатительной фабрики;

г) в предохранительных целиках в зоне старых подземных пожаров, затопленных старых выработок и т.д.

Коэффициент разубоживания колеблется от 5 до 30 % и зависит от способа разработки месторождения. Например, при валовой разработке в руду попадает больше боковых пород, чем за селективной, разубоживание растет в условиях интенсификации добычи бедных руд больше, чем богатых. На начальных стадиях изучения объекта этот показатель определяют по аналогии с месторождениями с подобными горнотехническими характеристиками.

Известен также показатель эксплуатационных запасов, которые являются собственно запасами, которые изымаются из недр, при этом их количество превышает количество геологических запасов.

Важным показателем является среднее содержание полезных компонентов, который определяют для геологических и промышленных запасов отдельно для каждого из компонентов. Для геологических запасов этот показатель является средним содержанием компонентов в недрах, его определяют по каждому расчетному блоку.

Собственно экономическая составляющая (стоимостная) геолого-экономической оценки касается стоимостных аспектов эксплуатации месторождений полезных ископаемых и имеет определяющее значение при принятии решений по ее целесообразности. Методические основы и основные положения по стоимостной оценке месторождений полезных ископаемых, которые сейчас разрабатываются, часто отождествляют понятие стоимостной и экономической оценок [68,79].

Целью стоимостной оценки месторождений является установление целесообразности их освоения, выявление инвестиционно привлекательных объектов (их частей), повышение на этой основе эффективности социально-экономического развития страны.

В условиях рыночной экономики месторождения оцениваются в несколько иных принципах, чем в условиях прежней административно-плановой системы. В основу обоснования были положены следующие экономические категории, как оптовая (среднеотраслевая) цена, перспективная потребность в определенном виде сырья, имела планово-директивный характер. В современных условиях такие методы экономической оценки невозможны при получении объективных характеристик стоимости объектов минерально-сырьевого комплекса. Они нуждаются в доработке и адаптации к современным экономическим условиям. В процессе реформирования системы экономических оценок нужно учитывать фактор времени, мировые и региональные цены на сырье, их динамику, рыночную стоимость фондов горнодобывающего предприятия, условия пользования кредитами и инвестиционным капиталом, другие характеристики.

В рыночных условиях стоимостная оценка месторождений определяет целесообразность освоения объекта. Главным критерием здесь является стоимость минерально-сырьевой продукции относительно необходимых инвестиций. К стоимостным показателям относятся суммы капиталовложений в разработку месторождения и эксплуатационные расходы. Основой финансовых расчетов является соотношение затрат и результатов с учетом фактора времени.

В экономике известны статические и динамические методы оценки, хотя статические методы в настоящее время применяют очень редко.

Статическим методом целесообразно определять период окупаемости инвестиций, то есть рассчитывать число лет, необходимых для покрытия инвестиции с чистого потока наличности. Для жизнеспособного проекта в горнодобывающей отрасли период окупаемости инвестиций составляет 3-8 лет. В странах с высокой степенью риска необходимо предусматривать более короткий период возврата инвестиций, чем в стабильных странах [46,47].

Во время экономической оценки месторождения обязательно рассчитывают следующие показатели: валовая прибыль, чистая прибыль, уровень рентабельности производства, период окупаемости инвестиций. Балансовая (валовая) прибыль определяется как разница между стоимостью годового объема товарной продукции в ценах реализации и себестоимостью добычи и обогащения руды с получением соответствующих концентратов (без амортизационных

отчислений в издержки производства), а также предусмотренных действующим законодательством Казахстана налогов, в том числе недропользователей и всех остальных. Чистая прибыль предприятия определяется как разница между стоимостью годового объема товарной продукции в ценах реализации и годовыми затратами производства на получение товарных концентратов (с учетом амортизационных отчислений) и всеми налогами. Суммарная за весь период эксплуатации прибыль определяется умножением годового объема прибыли на срок функционирования предприятия.

Уровень рентабельности производства рассчитывают как отношение чистой прибыли предприятия к основным производственным фондам и оборотным средствам. Срок окупаемости капиталовложений равен отношению объема капиталовложений в промышленное освоение месторождения к среднегодовой (валовой) прибыли.

В мировой практике экономической оценки месторождений применяют динамические методы, основанные на использовании фактора времени для инвестиций и прибыли, то есть временной стоимости денег. Самыми распространенными современными методами стоимостного оценивания месторождений полезных ископаемых являются методы дисконтирования денежных потоков (для неравномерного дохода) и прямой капитализации (при равномерном доходе).

В случае применения метода чистой текущей стоимости (ЧТС) дисконтируется чистый поток наличности на определенный процентный фактор, а сумму инвестиций отнимают от суммы дисконтированных потоков наличности.[67].

Выбор ставки дисконтирования для стоимостного оценивания месторождений полезных ископаемых зависит от многих факторов. Кроме определяющих финансово-экономических факторов (ссудный или депозитный процент по вкладам, на ликвидность, мощность предприятия, отсутствие или наличие инфраструктуры) известны и чисто геологические: 1) сложность геологического строения объекта; 2) степень геологического изучения месторождения; 3) вид и качество минерального сырья. Для золоторудных, медных и полиметаллических месторождений рекомендуется применять ставку не ниже 12 %.

В общем норма дисконта должна отражать возможную стоимость капитала, соответствует возможной прибыли инвестора, которую он мог бы получить, вложив средства в другое предприятие, то есть соответствует минимально допустимой для инвестора норме прибыли. По другим источникам [79], такая норма при стабильных цен при разработке месторождений золота равна до 25 %, строительных материалов – 10-12 %, цветных металлов – 15-18 %. Как правило, распределение ставок в зависимости от вида минерального сырья связано с ситуацией на международном, региональном и локальном рынках этого продукта. Если говорить о зависимости ставки дисконтирования от геологического изучения территории, то в развитых странах приняты следующие значения: 20 % – для опосредованных участков; 15 % – для участков, на которых

проведены поисково-оценочные работы; 10 % – для разведанных участков; 5-8 % – для участков с действующими горнодобывающими предприятиями.

Методика дисконтирования денежных потоков считается стандартной при финансовой оценке месторождений, она позволяет свести все параметры оценки горнорудного предприятия к единому показателю – чистой текущей стоимости / net present value (NPV / ЧТС). Кроме этого, используют показатели рентабельности инвестиций (ПРИ) и внутренней нормы прибыли / internal rate of return (IRR / ВНП). Во всех этих показателях содержится фактор дисконтирования, с помощью которого сопоставляют разновременные денежные потоки. Ставка дисконтирования не может быть ниже минимально безопасной. Такой считают ставку долгосрочных государственных облигаций, гарантированных правительством. По ней можно определить, сколько определенная инвестиция будет стоить через n лет, или наоборот, сколько сегодня стоит инвестиция, цена которой в будущем составит R .

Один из важнейших критериев эффективности – показатель чистой текущей стоимости [79]. В случае, если значение показателя ЧТС эксплуатации месторождения при данных условиях и параметров подсчета запасов оказывается экономически неэффективной, то рекомендуется подсчитать запасы по другим показателям кондиций (повысить значение бортового содержания, увеличить значение минимально промышленного содержания), проанализировать возможности снижения эксплуатационных и капитальных затрат, вероятность получения налоговых льгот при эксплуатации месторождения. Если после этого снова получают видоизменное значение показателя ЧТС (по месторождениям, разведанным и не эксплуатируемым), то следующий расчет целесообразно выполнить без учета стоимости геологоразведочных работ с целью увеличения вероятности принятия положительного решения относительно инвестиций [79].

Различие между формулами расчета ЧТС (NPV) для вариантов расчета чистой текущей стоимости заключается в следующем: при исчислении потока наличности амортизация и периоды амортизации не имеют прямого значения (чистый поток наличности определяется как разница между стоимостью реализованной продукции и себестоимостью продукции, налогом на прибыль, но без учета амортизации основных фондов); здесь также допускается, что все капитальные инвестиции проводятся в один "нулевой" год, то есть их стоимость не дисконтируется. В формуле с учетом затрат на ГРП, как и в формуле без учета, в отдельные годы производства ЧТС четко уменьшается, поскольку и здесь фактор q = является выражением уменьшающейся геометрической прогрессии.

Внутреннюю норму прибыли определяют приравниванием ЧТС к нулю и развязыванием уравнения ПРИ относительно r , фактор дисконтирования с геометрической прогрессией. По мере уменьшения чистой текущей стоимости назначают повышенную процентную ставку. Внутреннюю норму прибыли устанавливают графическим способом: на ось абсцисс наносят значение процентной ставки, на ось ординат – значение ЧТС. Точка пересечения кривой оси абсцисс, то есть там, где ЧТС равна нулю, является значением внутренней нормы прибыли. Итак, по этому методу определения ВНП выбирают ставку

прибыли, при которой сумма дисконтированных потоков наличности равна сумме инвестиций [101].

В современных трудах специалистов предлагаются другие методики стоимостного оценивания месторождений или запасов полезных ископаемых, как правило – это доходный подход. Например, по методике И.А. Неженского товарную стоимость минерального сырья в недрах предложено оценивать экспресс-методом с введением различных коэффициентов [102].

Авторы методики предложили выделять следующие группы месторождений полезных ископаемых:

- 1) магматические, скарновые, гидротермальные;
- 2) метаморфогенные, колчеданные, россыпные, коры выветривания, жильные неметаллические;
- 3) первично-осадочные, гидротермально-осадочные.

Исследованиями установлено, что соответствующие коэффициенты учитывают геологические, горно-технические особенности конкретных месторождений, технологические характеристики отдельных видов минерального сырья, но такие расчеты не определяют величину рисков, с которыми сталкивается потенциальный инвестор при существующих финансово-экономических условиях. Поэтому так можно вычислять только стоимость запасов и ресурсов полезных ископаемых в недрах, а не стоимость конкретного месторождения в данный период времени и его инвестиционную привлекательность.

3.3 Учет временного фактора в экономической оценке месторождений полезных ископаемых

Учет фактора времени длительное время остается актуальной проблемой. В предыдущем разделе мы несколько коснулись этого вопроса при рассмотрении современных методик экономической оценки (коэффициент дисконтирования), здесь рассмотрим его шире.

Наиболее серьезно этот вопрос исследовал А.С. Астахов, который предложил определенные решения проблем учета фактора времени [103]. Их важность заключается в том, что все процессы недропользования (от поисков и разведки до использования минерального сырья) происходят в течение определенного периода, и чем он больше, тем сильнее влияние времени на формирование эффективности освоения месторождений полезных ископаемых.

А.С. Астахов в своих трудах называл проблему фактора времени в экономической оценке месторождений полезных ископаемых комплексной, зависит от геологических, экономических, технологических, социальных и других факторов. Поэтому ее изучение должно быть системным и учитывать всю эту совокупность воздействий без установления доминирующих или определяющих элементов.

Экономический аспект связан с динамическими свойствами системы управления минерально-сырьевой базой стран и имеет следующие проявления:

- разведка месторождений значительно опережает эксплуатационные работы во времени, разрыв между капиталовложениями в разведку и началом получения от них прибыли крайне велик, иногда насчитывает десятилетия;
- начало эксплуатации конкретного месторождения определяет состояние минерально-сырьевой базы этого ресурса на много лет вперед, поскольку срок разработки месторождений значительный;
- суммарные потребности в добыче минерального сырья систематически растут, лучшие месторождения постепенно отрабатываются, что влияет на тенденцию затрат на освоение месторождений во времени;
- противоположное действие могут повлечь научно-технический прогресс, открытие новых благоприятных месторождений, появление новых заменителей минерального сырья.

Эти факты свидетельствуют о бесспорной необходимости учета фактора времени при оценке месторождений полезных ископаемых, но их разрозненность и большая продолжительность затрудняют методические подходы к их практическому определению. Решать подобные задачи нужно на основе всеобъемлющей информационной базы и модельно-прогностического инструментария.

В современных методиках почти единственным способом учета фактора времени является использование коэффициента дисконтирования. Сводят средства к будущим периодам умножением на него, предыдущих лет – делением.

Некоторая неточность и упрощенный характер этой процедуры являются главными причинами критики специалистов-геологов и технологов вообще о необходимости учета фактора времени. Требования к методу дисконтирования крайне жесткие по сравнению с традиционными условиями, для которых он был разработан. Вместе с тем трактовка самого коэффициента дисконтирования часто очень формальная – коэффициент для возведения разновременных затрат, коэффициент учета рисков. При трактовке неравнозначности разновременных эффектов и расходов нужно вспомнить о непрерывном обороте средств в экономике. Каждый отдельный производственный эффект на предприятии со временем инициирует дополнительный эффект. Чем раньше получают первичный экономический эффект, тем больше суммарный. Такой же принцип используют и к расходам: чем позже осуществляются расходы, тем выгоднее решения.

Технологический аспект связан с тем, что ресурсы полезных ископаемых приобретают по потребительской стоимости только в результате горно-производственного процесса, особенности которого во многом влияют на экономическую оценку минерального сырья. Некоторые из таких предпосылок усиливают экономическую зависимость отдельных ситуаций, другие – уменьшают возможности получения теоретически достижимых показателей эффективности. В любом случае речь идет о динамических свойствах, связанных с фактором времени.

Например, промышленные кондиционные запасы определяют производственную мощность предприятия и срок эксплуатации месторождения. Любые изменения промышленных запасов приведут к изменению этих параметров. В свою очередь, каждый из них оказывает разное по характеру влияние на уровень затрат на добычу.

Себестоимость конечной продукции определяется эксплуатационными расходами, связанными с добычей и обогащением полезных ископаемых. На конечных этапах анализа эффективности освоения месторождения капиталовложения по сравнению с эксплуатационными расходами не являются решающими, поэтому последние нужно определять как можно точнее. Эксплуатационные расходы состоят из цеховых, общекombинатских, непроизводственных и расходов на охрану окружающей среды.

Цеховые эксплуатационные расходы зависят от способа разработки месторождения. При подземном способе добычи полезных ископаемых их определяют с привлечением укрупненных нормативных показателей себестоимости добычи руды в зависимости от производственной мощности предприятия, глубины разработки, системы добычи и тому подобное. При открытом способе добычи исходят из годовой мощности предприятия, типов и размеров оборудования, транспортных средств, глубины карьера, коэффициента вскрыши. К этой группе относятся затраты на рекультивацию нарушенных земель и на обогащение полезных ископаемых. Первые зависят от общей площади нарушенных земель и удельных затрат на рекультивацию 1 га. Расходы на обогащение определяются с помощью показателей цеховой стоимости обогащения в соответствии с производственной мощностью фабрики, способу обогащения, минералогического и технологического состава руд.

На любых стадиях экономической оценки точным является метод прямого расчета затрат. Важным опорным материалом при этом являются технико-экономические показатели пробной эксплуатации (опытно-промышленной добычи), если она проводилась на стадии детальной разведки. Конечно, все показатели нужно брать с учетом роста объема производства, но влияние природных условий месторождения довольно точно устанавливается в результате его опытной эксплуатации.

Расходы на обогащение и переработку сырья берут из отчетных данных по испытанию технологических проб. На стадии детальной разведки такие испытания проводят в заводском масштабе или в экспериментальных цехах специальные научно-исследовательские и проектные институты.

Если известны себестоимость 1 т добытой руды, себестоимость ее подготовки, обработки и переработки, а также коэффициент извлечения и содержание полезного компонента в продуктах, получаемых на последовательных стадиях обработки, можно определить себестоимость 1 т продукции на соответствующей стадии.

Показатели извлечения и содержания полезного компонента в продуктах обогащения и переработки берут по результатам технологического опробования, полужаводских и заводских видов сырья.

Чтобы определить затраты на отдельные виды продукции, полученные при комплексном использовании сырья, нужно учитывать, на какой стадии обработки или переработки сырья выделяется определенный вид продукции, либо он требует дополнительной обработки, с учетом себестоимости дополнительных операций. В процессе обработки минерального сырья (особенно руды) последние стадии (металлургическая переработка) являются самыми дорогими. Поэтому во многих случаях показательны расходы на стадии подготовки (сортировки) и обогащения минерального сырья, а стоимость конечного продукта (металла, минерала), извлеченного из 1 т рядовой руды, может служить дополнительным показателем.

Непроизводственные расходы рассчитывают для погрузочных работ и транспортировки продукции к путям сообщения общего пользования. Общекомбинатовские расходы определяются цеховыми и составляют около 8-10 % от последних. Объем расходов на охрану окружающей среды зависит от характера производственной деятельности и местных условий.

Текущие затраты на эксплуатацию месторождения, техническое обслуживание, текущий ремонт можно сгруппировать по крупнейшим статьям: материалы, горюче-смазочные материалы, электроэнергия на технологические цели, основная и дополнительная заработная плата, плата за землю, плата за загрязнение окружающей среды. Расходы по статьям «Материалы», «Горюче-смазочные материалы», «Электронергия» определяют в соответствии с удельными затратами ресурсов на единицу продукции и ценой на них; расходы по статье «Зарботная плата» – с учетом численности персонала и средней заработной платы одного работника; плату за землю и плату за загрязнение окружающей среды – в соответствии с действующим законодательством; статья «Другие расходы» составляет 5 % суммы ежегодных эксплуатационных расходов.

Текущие (эксплуатационные) расходы подлежат нескольким эмпирическим правилам: для расчета экономичности потенциального предприятия при нормальных горнотехнических условиях текущие расходы должны быть оплачены половиной стоимости содержания полезного ископаемого. Вторая половина пойдет на уплату налогов, капитальные расходы, формирование прибыли [94]. Ориентировочные показатели операционных расходов можно получить и другим путем. Для варианта подземной разработки месторождения: сравниваемых одинаковые горные предприятия в странах с примерно одинаковым уровнем развития промышленности, как правило, имеют сходные уровни эффективности подземной разработки. Зарботная плата составляет 40-50 % совокупных операционных затрат подземных работ [81,83]. Коэффициенты, используемые при оценке затрат методом «Шесть десятых», приведены в таблица 3.4.

Таблица 3.4 - Коэффициенты (показатели степени) для расчета различных статей эксплуатационных расходов

Статья расходов	Единица измерения	Коэффициент
Добыча в карьере		
1) зарплата	т / сутки (извлечение)	0,5
2) материалы	то же	0,5
подземный рудник		
1) зарплата	“ ”	0,7
2) материалы	“ ”	0,9
обогащение		
1) зарплата	т / сутки (обогащение)	0,5
2) материалы	то же	0,7
электроэнергия		
1) добыча в карьере и обогащения	“ ”	0,5
2) добыча в подземном руднике и обогащения	“ ”	0,7

Социальные аспекты оценки запасов полезных ископаемых очень сложные, наименее разработаны и учтены в методологии. Главное их влияние – вызванный ограниченностью и неликвидностью запасов полезных ископаемых. Значение фактора времени связано с тем, что, изымая только лучшие части имеющихся минеральных ресурсов, мы улучшаем нынешние экономические условия, но создаем осложнения для будущих поколений. Худшую часть запасов при этом можно потерять навсегда. Возможный путь учета этих аспектов – введение специальных коэффициентов при расчетах показателей чистого дисконтированного дохода, чистой текущей стоимости. Значение таких коэффициентов могут отличаться в зависимости от распространения конкретного вида сырья.

Геолого-информационный аспект влияния фактора времени связан с особенностями его учета на разных этапах геологоразведочных работ, поскольку именно прогнозировать динамику расходов, потребностей, развития технологий и схем ведения горных работ на неразведанных месторождениях практически невозможно. Поэтому информационная недостаточность может привести вынужденный отказ от учета фактора времени.

Главные выводы по проблеме учета фактора времени приведены ниже.

1. Возможности и формы учета этой проблемы на разных стадиях геологического изучения недр, их экономической оценки различны; они определяются необходимой степенью детализации решения, имеющимся объемом информации, ее достоверностью.

2. Для каждой стадии расчетов и типа задач нужно определять перечень параметров, рассматриваемых в динамике.

3. На ранних этапах изучения недр отказ от учета влияния этого фактора может компенсироваться более осторожной "запасосберегающей" стратегией оконтуривания запасов, чтобы допущенные ошибки можно было скорректировать в будущем.

4. Показатели, рассчитанные методом дисконтирования, дают обоснованную оценку экономического значения месторождения. Поскольку большая часть прибыли отдалена во времени, это делает их менее привлекательными для инвестора.

5. При расчете кондиций запасов с помощью дисконтированных показателей нужно допускать возможность изменения уровня кондиций во времени по интервалам рассматриваемого периода, или при переходе с одного блока или горизонта на другой.

6. Показатель оценки запасов следует определять на базе социально-экономических, а не только экономических критериев; этот подход учитывает растущую во времени значимость ограниченных и невозобновляемых запасов минерального сырья.

Важным аспектом учета этого фактора является обоснование момента, в который должны сводиться все показатели и продолжительность периода оценки месторождений. Так, для короткого периода не полностью учитываются преимущества крупных месторождений с большими запасами и соответственно долгим сроком эксплуатации. В случае чрезмерно длительного периода времени снижается вероятность исходных данных о месторождении, а экономическое значение очень отдаленных расходов и доходов уменьшается настолько, что перестает влиять на конечный результат оценки.

Следует отметить, что проблемы относительно фактора времени возникли и исследуются уже много лет. Иногда высказывается замечание, что в методиках экономической оценки советских времен эти аспекты разновременных затрат не учитывались. Возможно такие ошибочные выводы связаны с тем, что не все показатели при проведении экономической оценки месторождений рассчитывали дисконтированием. К ним относились некоторые показатели эффективности капиталовложений. Однако главный критерий – народнохозяйственный эффект от эксплуатации месторождения.

К тому же, по действующей тогда методике именно по этому критерию выбирали оптимальный вариант оконтуривания и разработки месторождения. Оптимальным считали тот вариант, который характеризовался максимальным дисконтированным эффектом. Однако надо заметить, что значение норматива почти во всех случаях было одинаковым и равнялось 0,08 или 8 %. В результате исследований, проведенных советскими учеными [62,66], выявлены следующие важные особенности использования коэффициента дисконтирования:

1) дисконтирования проводят как для капитальных затрат, так и для получаемых доходов, обеспечивает соблюдение правила о сопоставимости отдельных составных частей формулы;

2) расходы и доходы разных лет нужно сводить к одному моменту времени;

3) учету подлежат только расходы и доходы, которые ожидаются с момента оценки; прошедшие расходы, осуществленные до этого момента, не учитывают;

4) начальным моментом возведения капиталовложений на освоение месторождения следует считать год начала строительства, а для полученных доходов – год введения месторождения в эксплуатацию.

К сожалению, современные работы по использованию коэффициента дисконтирования ставят гораздо больше вопросов, чем дают ответов. Наиболее противоречивым положением является собственно норма дисконта, которая зависит не только от экономических, но и от геолого-технологических факторов, и окончательно не определена ни для отдельных видов минерального сырья, ни для типов месторождений.

Основными способами учета рисков при экономическом оценивании месторождений полезных ископаемых является установление определенного уровня ставки дисконтирования с определением оптимальной стоимости основного капитала. Для этого применяют модели средневзвешенной стоимости капитала и модели оценки акций. Для количественного анализа рисков для горнорудных проектов рекомендуется метод Монте-Карло (график кумулятивной вероятности). Особенности этих методов основательно описаны в работах по финансовой оценке проектов и инвестиционной экспертизы.

Проведенное исследование подтверждает, что с помощью показателей и параметров критериев геолого-экономической оценки месторождений проводится анализ качества и количества руды месторождения, дается комплексная оценка их соответствия требованиям промышленности. Такой анализ горно-геологических условий залегания, горно-технических условий и ресурсов полезных ископаемых месторождения должен показать, насколько они удовлетворяют и обеспечивают условия экономически эффективного метода добычи полезных ископаемых.

4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ СХЕМЫ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУСМУРЫН

4.1 Экономические аспекты отработки месторождения Кусмурын

Для соответствия уровню экономического развития богатых природными ресурсами стран, к числу которых относится и Казахстан, требуется интенсификация их добычи, увеличение глубины переработки в готовую продукцию с целью получения добавленной стоимости в обрабатывающей отрасли [1,3,5,6]. Не теряет актуальность проблема повышения инвестиционной привлекательности отрасли за счет активизации таких экономических методов, как льготное налогообложение, преференции, лицензии, отмена налога на добавленную стоимость на геологоразведочные работы и геологическую информацию.

Решение указанных проблем требует не только совершенствования геологических, геофизических и технологических исследований. Необходимо адекватно оценивать экономическую сторону результатов геологоразведочной деятельности в текущей и ожидаемой конъюнктуре, достоверность и обоснованность геолого-экономической оценки месторождений, что и определяет актуальность настоящего исследования.

В недрах Республики Казахстан выявлены все 94 химических элемента таблицы Менделеева, встречающихся в природе; разведаны запасы по 70 элементам; в той или иной мере вовлечены в производство – более 60 элементов. На территории РК известны 493 месторождения, содержащих 1225 видов минерального сырья.

Республика Казахстан занимает следующие лидирующие позиции в мире по разведанным запасам:

- первое место – хромитов (38 % от мировых), вольфрама, ванадия и барита;
- второе место – урана (19 % от мировых);
- третье место – марганца (30 % от мировых), свинца (10,1 % от мировых) и флюорита;
- четвертое место – цинка (9,5 % от мировых), молибдена;
- шестое место – железа (6 % от мировых);
- седьмое место – угля (4 % от мировых);
- восьмое место – меди (5,5 % от мировых);
- четырнадцатое место – золота (2,7 % от мировых) и бокситов.

По объёму запасов твердых полезных ископаемых Казахстан занимает первое место среди стран СНГ по хромовым рудам и свинцу, второе – по запасам серебра, меди, марганца, цинка, никеля и фосфорного сырья, третье – по углю, золоту и олову.

По добыче серебра, хромитов, свинца и цинка РК среди стран СНГ занимает первое место, второе – по добыче угля, меди, никеля и фосфатного сырья, третье – по добыче золота. Кроме того, РК занимает пятое место в мире по производству (5 % мирового производства).

По данным за 2016-2018 годы, бессменным лидером в ежегодных объемах инвестиций в недропользование в целом, и геологоразведку в частности, остается нефтегазовая отрасль (9,4 млрд. долл., 68 %). В собственно горнорудном секторе наибольший интерес у инвесторов вызывали вложения в недропользование урана – 0,9 млрд. долл., меди – 0,8 млрд. долл., полиметаллов – 0,6 млрд. долл., угля – 0,6 млрд. долл., золота – 0,6 млрд. долл., железа и марганца – 0,4 млрд. долл., хромитов – 0,2 млрд. долл. Необходимо отметить, что с 2016 г. доля инвестиций в геологоразведочные работы сократилась с 2,4% до 2,2% от всего объема капиталовложений в недропользование твердых полезных ископаемых [2,5].

На рисунках 4.1 ниже приведено размещение провинций цветных металлов РК, а также распределение по типам руд:



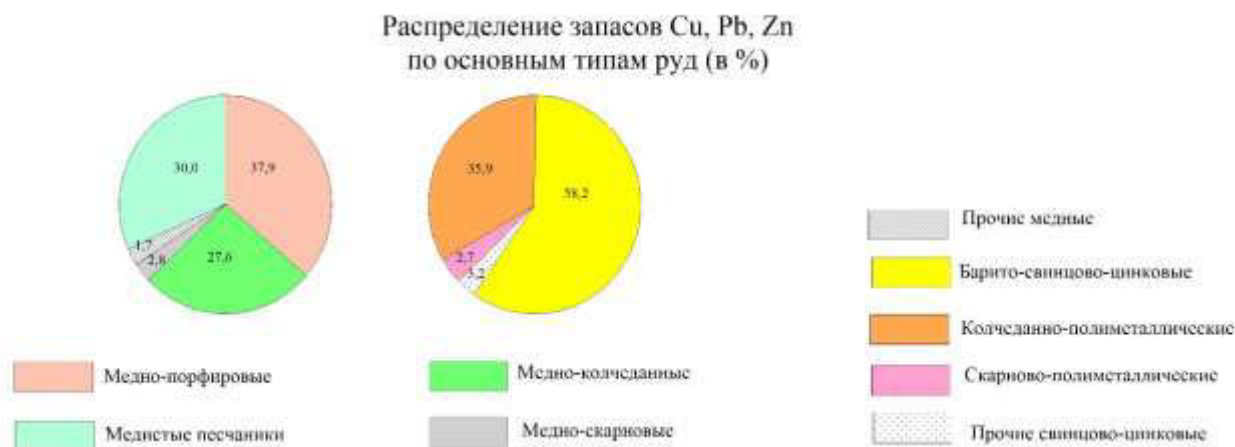


Рисунок 4.1 – Геолого-экономические провинции цветных металлов РК

Месторождения меди представлены девятью геолого-промышленными типами. Среди них главное промышленное значение в запасах и добыче меди имеют месторождения медистых песчаников и сланцев, медно-порфировые, медноколчеданные и медно-никелевые месторождения.

Медь – за последние 25 лет в РК добыто 12 356 тыс. т при средней добыче 494 тыс. т. В период с 1990 по 2000 годы отмечался некоторый спад в добыче до 269 тыс. т (1996 г.). С 2000 года отмечается рост по добыче металла. В отдельные годы выделены приросты запасов металла за счет доразведки и перевода запасов в более высокие категории. По состоянию на 2015 г. отмечен общий рост запасов металла, который составляет –5 % (или 1897 тыс. т) по отношению к 1990 г. Забалансовые запасы металла увеличились на 1549 тыс. т по отношению к запасам 1990 г. [2,3, 104]

Золото – за последние 25 лет в РК было добыто 829 т металла при средней добыче 33 т в год. До 2000 года добыча металла колебалась от 1,5 т (1999 г.) до 26 т (1990 г.). После 2000 года отмечается постоянный рост добычи металла до 52 т (2012- 2014 гг.) и 61 т (2016 г.). Отмечен общий прирост запасов металла +41 % (или 717 т) по отношению к запасам металла 1990 г., а прирост забалансовых запасов металла составил 225 т.

Серебро – за последние 25 лет было добыто 22 844 т металла при средней добыче 914 т. По запасам серебра также отмечается рост на –17 % (или 10518 т) по отношению к запасам 1990 г., а по забалансовым запасам прирост, который составил +6657 т. До 2000 г. добыча колебалась от 464 т (1996 г.) до 1069 т (1990 г.), после 2000 года добыча увеличивается до 799 т (2015 г.) и 1151 т (2013 г.) [104].

Помимо того, что рост добычи опережает темпы восполнения минерально-сырьевой базы Казахстана, сложное положение геологоразведочной отрасли объясняется во многом отсутствием финансирования, которое после распада СССР имело бюджетную основу, что привело не только к сокращению

геологоразведочных работ, оттоку кадров, но и дисбалансу между отработанными и приращиваемыми запасами.

В настоящее время недропользование меди осуществляется на 64 объектах, из них на 14 ведется добыча, на 35 – разведка и на 15 – совмещенная разведка и добыча. В рейтинге по инвестициям в недропользование меди на ТОО «Корпорация Казахмыс» приходится 73 % от капиталовложений и 56 % – от годовой добычи меди по стране. Согласно прогнозам капиталовложения в меднорудную отрасль составят порядка 876 млн. долл., в том числе 10 млн. долл. будут направлены на проведение геологоразведочных работ [1,2,5].

От ситуации в геологоразведочной отрасли во многом зависит совершенствование инвестиционного климата в Казахстане. Несмотря на активизацию геологоразведочных работ в последние годы, Казахстан по объему инвестиций в геологоразведку значительно отстает от передовых стран. В ближайшие годы существенно усложнит ситуацию в геологоразведочной отрасли Казахстана падение цен на нефть и пандемия коронавируса.

В 2018 г. на поиск и разведку месторождений стратегических металлов, таких как медь, золото, редкие и редкоземельные металлы, свинец, цинк, хром, будут нацелены 39 инвестиционных проектов, размер частных инвестиций в геологоразведку составят порядка 4 млрд. тенге.

Укрепление международных позиций Казахстана, применение опыта таких стран, как Германия и Норвегия, делает необходимым обеспечение безвозмездного доступа к информации о недрах и недропользователях, условиях и конечных бенефициарах – лицах и государствах, прямо или косвенно контролирующих недропользователя, восстановление налоговых льгот на добавленную стоимость по геологоразведочным работам, своевременное оформление контрактов на приобретение лицензии [6].

Инвестиции, направляемые на поиски и разведку месторождений полезных ископаемых, носят инновационный характер [5, 7]. В отрасли планируется увеличение доли геологоразведочных работ, выполняемых инновационными технологиями, до 75 %, в связи, с чем система налогообложения геологоразведочной деятельности должна быть скорректирована с учетом повышенного риска в данной сфере деятельности [2,3,5]. Инновационное развитие откроет возможность через добывающие отрасли с помощью развития 3-4 передела переключиться на обрабатывающий сектор, сделав его инвестиционно-привлекательным. Высокие инвестиционные риски, сопровождающие проекты разведки и разработки месторождений, ужесточают требования инвесторов к подлинности предоставляемых сведений о конкретных ресурсах и обнаруженных запасах. Общеизвестно, что биржи и банки оказывают доверие горнодобывающим и геологоразведочным предприятиям лишь в случае соответствии их деятельности и представленных отчетных данных международным стандартам.

На текущий период почти три четверти месторождений Казахстана законтрактованы, из действующих 866 контрактов на недропользование, 484 приходится на твердые полезные ископаемые. К наиболее востребованным

видам ископаемых относят золото, медь, свинец, цинк, уран. Активизируются работы по металлам (итрий, итербий) в 16 основных рудных провинциях (табл. 4.1, рисунок 4.1.) [104].

Таблица 4.1 - Твердые полезные ископаемые Казахстана [2, 104]

Вид полезного ископаемого	Золото, т	Медь, млн. т	Свинец, млн. т	Цинк, млн. т	Уран, тыс. т	Железо, млрд. т	Уголь, млн. Т
Запасы на государственном балансе	1140	30	12	25	904	10	34103
Количество месторождений	330	120	96	93	73	60	147
Законтрактовано, %	97	98	92	94	77	67	39

С учетом зарубежного опыта, специфики проведения геологоразведочных работ в труднодоступных районах Казахстана и влияния такого фактора, как разнообразие поверхностных и горно-геологических условий, планируется разработка программы по изучению редкоземельных элементов, основанной на оценке перспектив освоения новых участков, с привлечением высокотехнологических японских и корейских компаний [2, 6, 104,105].

Индустриально-инновационное развитие Казахстана потребовало перестройку геологоразведочной отрасли в части совершенствования геолого-экономической оценки месторождений, для которых главной характеристикой ценности остаются социально-экономические и горно-геологические факторы [72,106]. Принимаются системные действия по стимулированию геологических и разведочных исследований новых месторождений, призванных стабилизировать сырьевую базу для индустриализации страны [1,4].

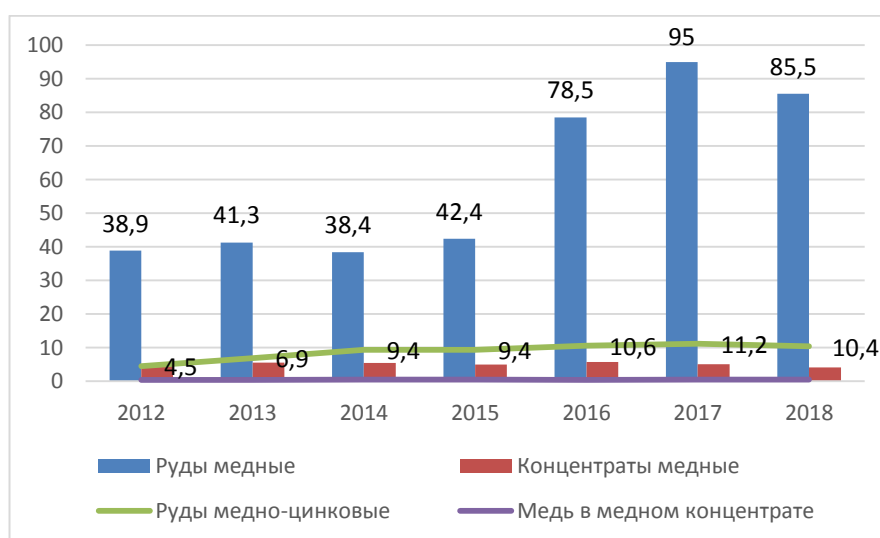


Рисунок 4.1– Добыча руд и производство медных концентратов в Казахстане, млн. тонн

В свете сказанного, особую значимость приобретает геолого-экономическая оценка тех месторождений, которые располагают прогнозными ресурсами полезных ископаемых, однако еще недостаточно изучены и не располагают соответствующей инфраструктурой. К их числу относится колчеданно-медно-свинцово-цинковое месторождение Кусмурын, технико-экономическое обоснование которого было разработано еще в советский период и до настоящего времени не пересматривалось.

В среднесрочном периоде ведущая международная компания по добыче и переработке природных ресурсов, крупнейший производитель меди в Казахстане ТОО «Корпорация «Казахмыс» делает акцент на геологическом изучении недр [107].

В развитие Карагайлинского производственного комплекса ТОО «Корпорация «Казахмыс» на 2018-2020 гг. планирует инвестировать 16 млрд. тенге. Запланированы проекты по строительству новых рудников, инновационный проект гидрометаллургической переработки чернового медного концентрата жезказганских руд, доизучение Акбастау-Кусмурынского рудного поля с целью обнаружения месторождений меди, золота, полиметаллов и других полезных ископаемых.

В 2019-2026 гг. планируется добыча 301,7 млн. тонн руды со средним содержанием меди 0,98 %. К 2022 г. за счет геологоразведочных работ на пяти месторождениях, среди которых и месторождение Кусмурын, планируется довести выпуск катодной меди до 300 тыс. тонн.

Корпорация «Казахмыс» активно ведет геологоразведочные работы во всех регионах своего присутствия – Жезказганском, Карагандинском, Балхашском и Восточно-Казахстанском. На площадях, где проводятся поисковые работы, как на выявление новых меднорудных объектов, так и на уже действующих месторождениях, применяются современные геофизические технологии – электроразведочные методы TDIP и АМТ+МТ, позволяющие решать широкий спектр задач при поиске и разведке различных типов месторождений. Применение комплексных подходов способствует выявлению признаков рудных объектов на больших глубинах и повышению достоверности прогноза скрытого и слабо проявленного оруденения [108].

На текущий момент актуализируются вопросы выбора экономически эффективного способа отработки месторождения Кусмурын в ближайшие годы. Во внимание принимаются необходимость улучшения экономических показателей, уменьшение себестоимости концентрата, изменения системы отработки [71,72,105].

Были рассчитаны и проанализированы 3 варианта возобновления добычи на месторождении:

1 вариант – отработка запасов месторождения подземным способом. Срок отработки составляет 25 лет. Данный вариант рассматривается по схеме вскрытия:

а – с проходкой ствола «Вентиляционный» глубиной 650м по проекту;

б – с проходкой транспортного уклона с борта проектируемого карьера и лифтового восстающего (400м).

2 вариант – отработка запасов месторождения открытым способом на глубину 660 м. Срок отработки составляет 29 лет;

3 вариант – отработка запасов месторождения комбинированным способом:

- запасы выше горизонта 400 м. отрабатывается ОГР (глубина 420м);
- запасы ниже горизонта отрабатывается ПГР (глубина 200 м со дна карьера). Срок отработки составляет: ОГР – 19 лет; ПГР – 11 лет.

В качестве базового варианта принята отработка запасов месторождения подземным способом (таблица 4.2).

Таблица 4.2 - Запасы по базовому варианту

Наименование	Ед. изм.	Запасы, утвержденные ГКЗ полезных ископаемых СССР №7778 от 31.12.1976 г.			Запасы с учетом доразведки (по состоянию на 2012 год)		
		горные работы		итого	горные работы		Итого
		Открытые	подземные		открытые	подземные	
Руда	тыс. т	683,8	17572,7	18256,5	646,2	21771,4	22417,6
Потери руды	%	4	3,6		4,0	3,6	
Разубоживание руды	%	10	7,9		10,0	7,9	

Этот вариант рассматривался по схеме вскрытия: с проходкой ствола «Вентиляционный» глубиной 650 м по проекту и с проходкой транспортного уклона с борта проектируемого карьера и лифтового восстающего (400 м) (таблицы 4.3 и 4.4).

Таблица 4.3 - Техничко-экономические показатели по базовому варианту

Показатели	Ед. изм.	Утвержденные ГКЗ запасы		
		горные работы		всего
		подземные с 2019 г.	открытые с 2022 г.	
Срок строительства и отработки	лет	23	4	27
Товарная руда	тыс. т	18315	729	19045
Коэффициент вскрыши	м³/т	-	9,4	9,4
Доход от реализации товарной продукции:	тыс. долл.	3215700	136254	3351953
Производственная прибыль	тыс. долл.	276267	28095	304362
Капитальные затраты	тыс. долл.	255373	2385	257758
Свободный денежный поток	тыс. долл.	256387	26695	283082
Чистая приведенная стоимость	тыс. долл.	15685	11982	27637
Внутренняя норма прибыли	%	14	>12	>12
Срок окупаемости	лет	13	1	7

Таблица 4.4 -Технико-экономические показатели второго варианта. Открытые горные работы (глубина карьера 660 м)

Наименование	Ед. изм.	Значение
Запасы:	тыс. т	22436,9
- товарная продукция	т	662920
	%	2,95
Потери руды	%	4,0
Разубоживание руды	%	10,0
Товарная руда	тыс. т	23932,7
Производительность по руде	тыс. т /год	1000
Производительность по горной массе	м³. м/год	20000
Коэффициент вскрыши	куб. м/т	22,0
Доход от реализации товарной продукции	тыс. долл.	67433
Производственная прибыль	тыс. долл.	-2744534
Капитальные затраты на расширение производства	тыс. долл.	40929
Сводный денежный поток	тыс. долл.	-2760283
Чистая приведенная стоимость	тыс. долл.	- 497561

Во втором варианте, для реализации которого запланировано технологическое оборудование (8 бурильных станков СБШ-250 МН, 9 экскаваторов ЭКГ-10, 961 автосамосвал САТ 777), рассматривалась отработка запасов месторождения открытым способом на глубину 660 м со сроком отработки 29 лет (таблица 4.4).

Расчеты показывают экономическую нецелесообразность отработки с использованием системы разработки горизонтальными слоями с закладкой (таблицы 4.5, 4.6). Показатели открытых горных работ в данном варианте улучшаются по сравнению со вторым вариантом за счет уменьшения объема вскрышных работ.

В целях улучшения технико-экономических показателей рассмотрено несколько версий по транспортировке горной массы из карьера: автомобильным или конвейерным транспортом, наклонным скипом.

Таблица 4.5 - Запасы по третьему варианту

Наименование	Ед. изм.	Открытые горные работы (глубина 420 м), подземные горные работы (глубина 200 м)		
		Запасы с учетом доразведки (по состоянию на 2012 г)		
		горные работы		итого
		открытые	подземные	
Руда	тыс. т	13083,4	9353,5	22436,9
Потери руды	%	4,0	3,0	
Разубоживание руды	%	10,0	6,5	
Товарная руда	тыс.т	13955,6	9703,6	23659,3

Таблица 4.6 - Технико-экономические показатели по третьему варианту

Показатели	Ед. изм.	Горные работы		Всего
		открытые	подземные	
Товарная руда	тыс. т	13956	9704	23659
Коэффициент вскрыши	м ³ /т	14,8	-	14,8
Доход от реализации товарной продукции	тыс. долл.	2560538	1321660	3881598
Эксплуатационные затраты	тыс. долл.	2388811	1863985	4252795
Производственная прибыль	тыс. долл.	125714	-572130	-446417
Капитальные затраты на расширение	тыс. долл.	75092	148518	223610
Свободный денежный поток	тыс. долл.	107004	-589624	-482620
Чистая приведенная стоимость	тыс. долл.	-18541	-47104	-65645

Анализ результатов технико-экономических показателей (таблица 4.7) всех трех вариантов показывает, что эффективным является подземный способ отработки, так как основные запасы полиметаллических руд сосредоточены ниже горизонта 600 м. Поэтому при открытом способе отработки потребуются выполнение значительного объема вскрышных работ. Коэффициент вскрыши составляет 14,8-22,0 м³/т и при годовой производительности по руде 1,0 млн. тонн, производительность карьера по горной массе составит от 13,0 до 22,2 млн. м³ в год. И, наконец, по мере углубления карьера увеличивается длина транспортировки горной массы, что увеличит себестоимость добычи руды.

Таблица 4.7 - Технико-экономические показатели сравниваемых вариантов

Показатель	Ед. изм.	Вариант 1 (подземные горные работы)		Вариант 2 открытые горные работы	Вариант 3 (открытые и подземные горные работы)
		с проходкой ствола «Вентиляционный»	с проходкой транспортного уклона и лифтового восстающего		
Себестоимость катодной меди	долл./т	5391	5352	10543	6677
Капитальные затраты	млн. долл.	250,6	226,8	40,9	223,6
Чистая приведенная стоимость	млн. долл.	46,0	67,9	-497,6	-65,6
Внутренняя норма прибыли	%	14	17	-	-
Срок окупаемости	лет	7	6	-	--

Для снижения себестоимости транспортировки руды, при оценке вариантов отработки рассматривались несколько видов внутри карьерного транспорта: трейлеровозы, наклонные скипы и конвейеры. Однако, из-за транспортировки значительных объемов горной массы, положительная эффективность не достигается. Таким образом, отработка запасов (без учета доразведки) открытым способом является неэффективной.

Остальные рудные тела могут быть отработаны подземным способом. Склонность сплошных руд к самовозгоранию обязывает отработку их производить с профилактическими мероприятиями, предотвращающими возникновение подземных пожаров. С этой целью рекомендуется обрабатывать

системой разработки горизонтальными слоями с закладкой. Вкрапленные руды могут быть отработаны обычным способом с обрушением налегающих пород.

Следует констатировать, что на оставшихся балансовых запасах (без учета доразведки 2012-2016 гг.) полученные результаты не позволяют рассматривать месторождение Кусмурын как экономически эффективное месторождение

4.2 Актуальная финансово-экономическая модель эксплуатации месторождения Кусмурын

Представим финансово-экономическую модель (ФЭМ) эксплуатации месторождения Кусмурын, разработка которой была predetermined следующими факторами:

1) Промышленные кондиции на медно-колчеданные руды месторождения Кусмурын были утверждены ГКЗ СССР 30 декабря 1976 г. протоколом № 1088-к и до настоящего времени не пересматривались;

2) На основе проведенной в 2012-2016 гг. доразведки был получен существенный прирост запасов (в авторских цифрах);

3) Месторождение Кусмурын будет являться ключевым сырьевым источником медной и медно-цинковой руды для Карагайлинской обогатительной фабрики, входящей в состав ТОО «Корпорация Казахмыс»;

4) Приведенная выше финансово-экономическая модель не имеет достаточного уровня рентабельности, т.к. проектирование выполнено на запасы без учета доразведки 2012-2016 гг.

ФЭМ эксплуатации месторождения разработана для варианта бортового содержания меди 0,7 %, с доработкой на 1 этапе запасов открытым способом. И в последующем предполагается переход на подземную добычу, с перевозкой руды автотранспортом на Карагайлинскую ОФ (210 км).

Производительность рудника принята с учетом того, что доля руды с месторождения Кусмурын в загрузке ОФ составит 1000 тыс. т в год.

4.2.1 Горные работы

Открытые горные работы

На месторождении Кусмурын уже велись открытые горные работы, горно-капитальные работы по данному проекту не предусматриваются. Глубина существующего карьера составляет 100-120 м.

Отработку предполагается начинать от существующего карьера с развитием общей спиральной трассы.

Вскрытие горизонта заключается в проведении выездной траншеи с вышележащего горизонта, затем, достигнув отметки нижележащего горизонта, проходится горизонтальная разрезная траншея, подготавливающая горизонт к очистной выемке. По мере развития горных работ на данном горизонте проходят выездную траншею на нижележащий горизонт, при этом

проходимая траншея служит продолжением вышележащей при наличии между частями траншеи горизонтальной площадки.

Предусматривается отработка карьера «Кусмурын» циклично-транспортной технологической схемой работ. Рыхление пород производится буровзрывным способом. Погрузка взорванной горной массы осуществляется экскаваторами марки Hitachi EX-1200-6 (или аналогичными). Транспортирование вскрышных пород на внешние отвалы, медно-цинковой руды до временных складов на поверхности, а также медной руды из карьера до перегрузочной площадки производится автосамосвалами марки Cat-773E и БелАЗ 7555E, далее медная руда до Карагайлинской обогатительной фабрики (КОФ) транспортируется автосамосвалами. Учитывая незначительные сроки ведения открытых горных работ, целесообразно ведение работ по аутсорсингу подрядными организациями.

Подземные горные работы

Общая схема размещения приведена на рисунке 4.2.

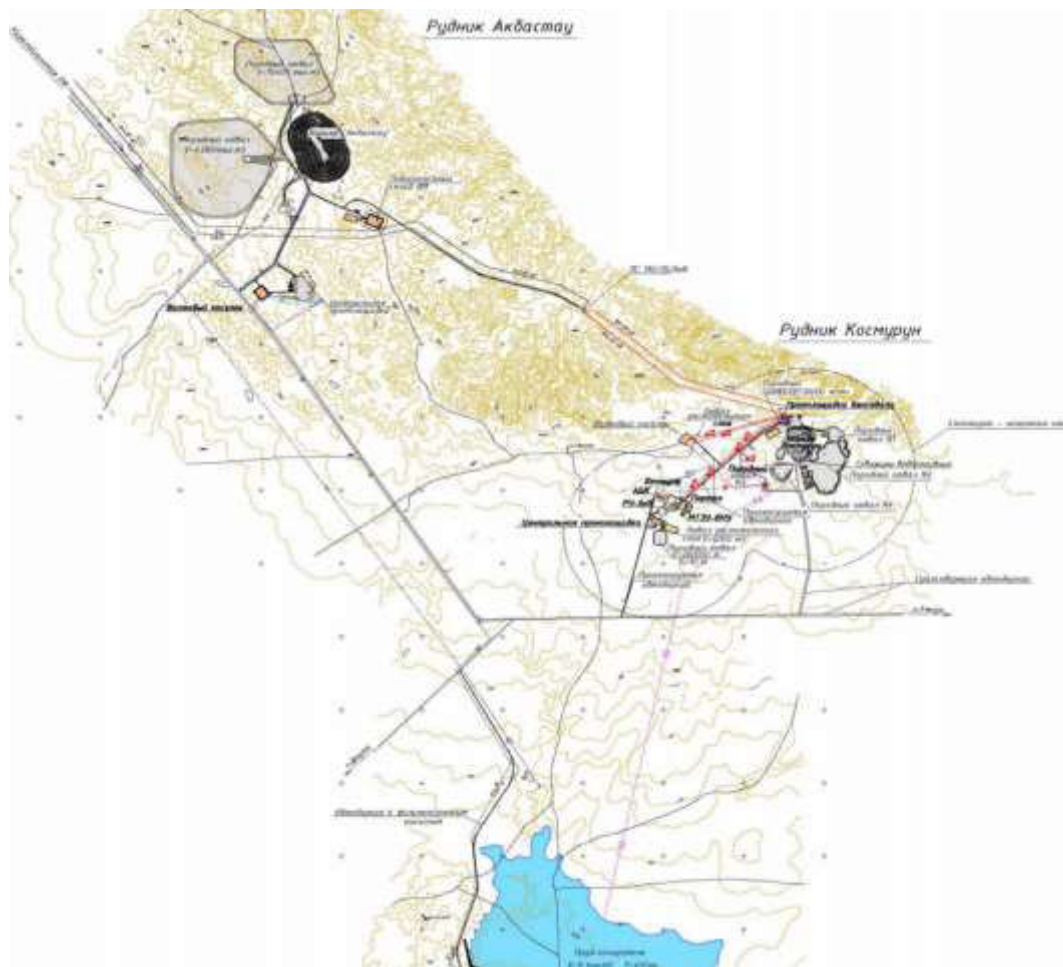


Рисунок 4.2 – Схема расположения инфраструктуры и наземных объектов рудника

Схема вскрытия принята вариантом уклонами с поверхности и вертикальным стволом (рисунок 4.3):

- вскрытие месторождения уклоном с поверхности, конвейерным штреком и стволом «Вентиляционный»;
- схема подготовки месторождения заключается в проведении горизонтальных (с уклоном до 9°) выработок;
- доставка руды из забоев осуществляется ковшовыми ПДМ до участков рудоспусков рудных горизонтов; руда перепускается на конвейерные штреки и конвейерами подается на поверхность;
- проветривание горных работ осуществляется всасывающим способом с подачей свежего воздуха по уклону с поверхности и выдачей загрязненного воздуха по стволу «Вентиляционный», уклон с поверхности служит для подачи в шахту свежего воздуха, доставки людей, спуска и выдачи самоходного оборудования, доставки материалов;
- выдача шахтной воды на поверхность осуществляется насосными станциями на горизонтах 400 и 200 м;
- подача закладочной смеси от поверхностного закладочного комплекса предусматривается по закладочным скважинам.

Принятая схема вскрытия является наименее капиталоемкой по затратам на строительство и наиболее эффективной по времени введения в эксплуатацию.

Учитывая пожароопасность месторождения, относительно высокую ценность руд и ограничение нахождения отбитой руды в забое несколькими днями (по степени опасения самовозгорания), предусматривается отработка запасов месторождения Кусмурын следующими системами разработки:

- система разработки нисходящих горизонтальных слоев с закладкой (60 %);
- подэтажно-камерная система разработки вертикальными лентами со сплошной выемкой руды и закладкой (35 %);
- подэтажно-камерная система разработки со сплошной выемкой руды (5 %) для отработки подкарьерных запасов.

Предлагаемая система разработки нисходящих горизонтальных слоев с закладкой нашла широкое применение при отработке Орловского и Артемьевского месторождений, характеризующихся пожароопасным типом рудных месторождений.

В таблице 4.8 приложение Б приведен календарный график добычи.

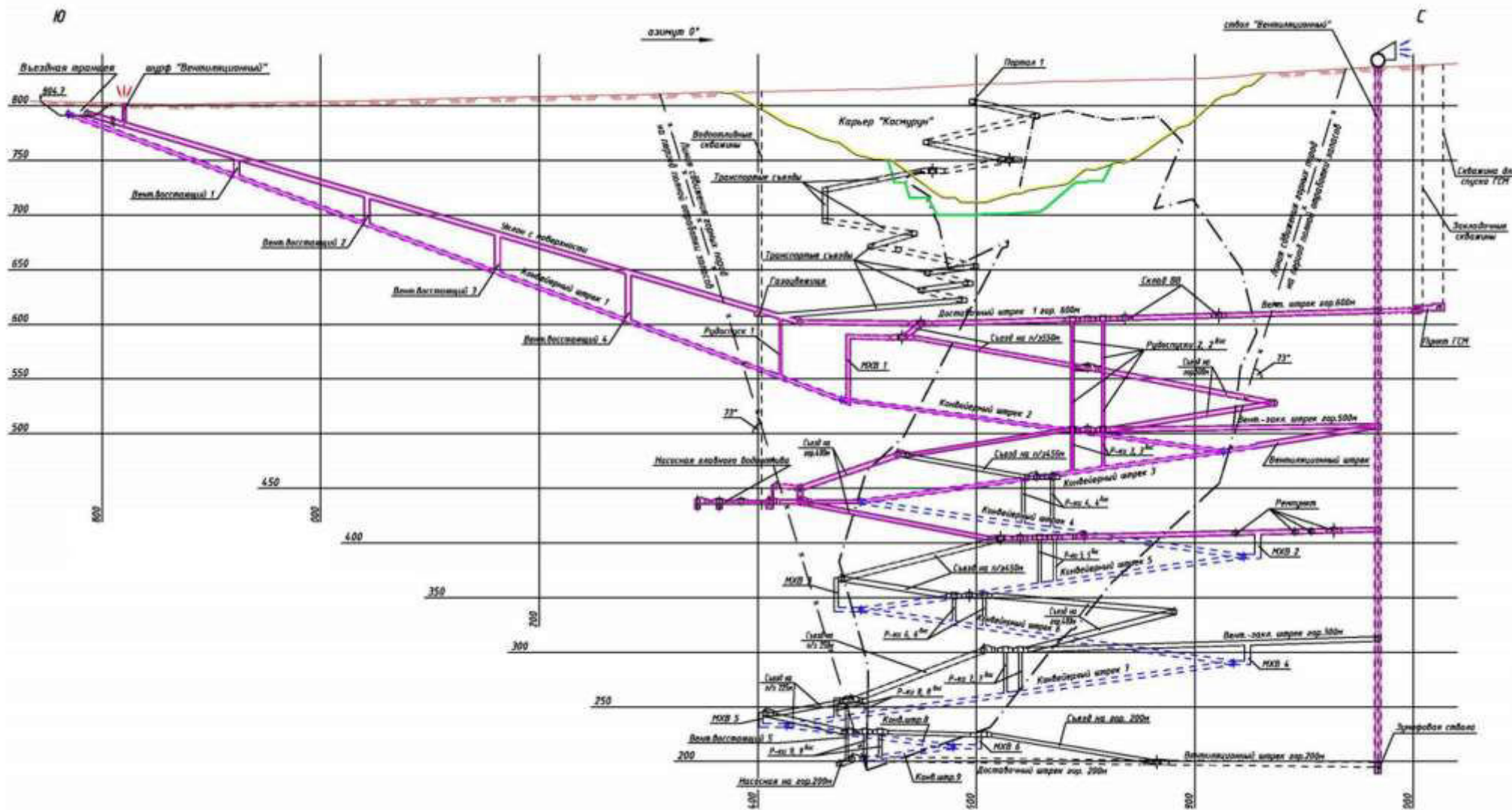


Рисунок 4.3 – Вертикальная схема вскрытия

4.2.2 Экономические показатели

Себестоимость горных работ принята по аналогии с действующими предприятиями Группы компаний ТОО «Корпорация Казахмыс»: 5,5 USD/т для открытых горных работ, 70 USD/т для подземных горных работ, стоимость вскрышных работ принята 2,0 USD/куб.м, стоимость горно-капитальных работ принята 250 USD/куб.м для горизонтальных и 2000 USD/куб.м для вертикальных выработок.

Руда будет перерабатываться на Карагайлинской ОФ с получением медного и цинкового концентрата. Себестоимость переработки принята по анализу кассовых планов ОФ.

Сводные показатели себестоимости приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Значение OPEX

Наименование	Ед. изм.	Цена
Себестоимость вскрышных работ	\$/м ³	2,0
Себестоимость добычи 1 т руды (ОГР)	\$/т	5,5
Себестоимость добычи 1 т руды (ПГР)	\$/т	70,0
Транспортировка 1 т руды на КОФ	\$/т	13,1
Себестоимость обогащения 1 т руды на КОФ	\$/т	22,0
Транспортировка Cu концентрата на БМЗ	\$/т конц	6,3
Транспортировка Zn концентрата	\$/т конц	20,0
Переработка концентрата на БМЗ	\$/т конц	107,7
Рафинирование меди на БМЗ	\$/т меди	237,4

Товарной продукцией из медного концентрата будет являться катодная медь, золото и серебро, получаемые на Балхашском медеплавильном заводе, цинковый концентрат будет реализовываться на сторону. При расчете стоимости продажи цинкового концентрата применены стандартные методики, действующие в РК.

Показатели извлечения металлов в концентраты принята по Технологическому регламенту, разработанному в результате доразведки месторождения в 2018 г. Цены металлов приняты на основе ретроспективного анализа LME (приведен в главе 3 диссертации).

Расчет стоимости товарной продукции приведен в таблице 4.10 Приложение В.

Капитальные затраты приведены в таблице 4.11 Приложение Г.

Геолого-экономическая оценка месторождения Кусмурын выполнена в соответствии с рекомендациями действующего «Методического руководства по содержанию, оформлению и порядку предоставления на государственную экспертизу недр материалов ТЭО кондиций на твердые полезные ископаемые», а также инструктивных требований KAZ RC.

Геолого-экономическая модель эксплуатации месторождения Кусмурын (таблица 4.12 Приложение Д) разработана в долларах США (курс национальной валюты - 400 тенге), без учета влияния инфляции, с применением методики дисконтирования денежного потока.

Значение IRR проекта не определялось, т.к. модель построена на очень длительный период – 39 лет.

Значение NPV соответствует критериям для принятия положительного решения и характеризует проект как рентабельный (NPV при 15% = 61,9 млн. USD, NPV при 30% = 9,4 млн. USD).

Срок окупаемости капитальных затрат весьма низкий – 3,5 года.

В целом, рентабельность во многом обусловлена принятой методикой добычи – на 1 этапе одновременно со стройкой подземного рудника производится доработка карьером богатых руд, что позволяет генерировать положительные потоки наличности уже в первые годы эксплуатации.

Проведенные расчеты рекомендованы ТОО «Корпорация Казахмыс». Они могут оказаться полезными при рассмотрении вариантов вовлечения месторождения Кусмурын в эксплуатацию. Кроме того, учитывая достаточно высокую рентабельность, целесообразно рассмотреть возможность строительства новой обогатительной фабрики в непосредственной близости от месторождения.

4.2.3 Экономические показатели извлечения попутных компонентов

Попутными полезными компонентами являются содержащиеся в полезных ископаемых минералы, химические элементы и их соединения, которые не имеют определяющего значения для промышленной оценки месторождения, но при переработке основных полезных ископаемых могут быть рентабельно извлечены и использованы. Понятие попутный компонент достаточно условное и зависит от меняющейся во времени рыночной конъюнктуры разных полезных ископаемых. Попутные компоненты, которые состоят на государственном балансе по месторождению, но не могут быть экономически эффективно использованы («экономически неактивные») должны подлежать списанию с баланса, либо переведены в категорию забалансовых полезных ископаемых. Поскольку т.к. за все балансовые попутные компоненты недропользователи обязаны оплачивать налог на добычу полезных ископаемых, не зависимо от того, используются они или нет [109].

Большинство попутных компонентов месторождения Кусмурын относятся к группе редких и рассеянных элементов (селен, теллур, кадмий) и присутствуют в виде примесей (изоморфные, механические, микровключения) в главных рудообразующих минералах месторождений и не образуют скоплений собственных минералов. При обогащении попутные компоненты накапливаются в концентратах, а при переработке концентрируются в товарных продуктах или в горнопромышленных отходах.

Попутные компоненты в рудах месторождения Кусмурын изучались на стадии проведения геологоразведочных работ, в период эксплуатации месторождения работы по изучению попутных компонентов не производились.

Доход, получаемый горнодобывающим и перерабатывающим предприятием в общем виде, определяется как стоимость товарной продукции – R или NSR (net smelter return), уплачиваемую ее покупателем, за вычетом понесенных производителем затрат на реализацию этой продукции, т.е. на транспортировку ее до потребителя, страхование, маркетинг и т.д.

Для горнодобывающего и перерабатывающего предприятий очень важно определить уровень цен на металлы в получаемых товарных концентратах и полупродуктах. Методика расчета стоимости товарной продукции и дохода предприятия для разных видов полезных ископаемых имеет свои особенности, однако общие принципы являются одинаковыми для большинства металлургических компаний мира.

Стоимость товарной продукции (концентрата и полупродукта) определяется в мировой практике на основании цен реализации продукции металлургическими комбинатами за вычетом издержек и прибыли металлургического передела. Величину NSR удобнее выражать в процентах от стоимости произведенного из концентрата (полупродукта) товарного металла.

В селективных концентратах оценке подлежит основной металл, а в концентратах, содержащих благородные металлы еще золото и серебро.

Металлургические предприятия оплачивают не все 100 % металла, содержащегося в концентрате. В качестве примера в таблице 4.13 приводятся сведения об оплачиваемых содержаниях металлов в медных и цинковых концентратах.

Таблица 4.13 - Оплачиваемые содержания металлов в концентратах

Металл	Содержание оплачиваемого металла
<i>Медные концентраты</i>	
Медь	Оплачивается 96,5 % металла в концентрате, но минимальное удержание должно составить 1,10 %
Золото	Не выплачивается стоимость 1-1,5 г золота в каждой тонне концентрата (в зависимости от договоренности)
Серебро	Оплачиваются 90 % содержащегося в концентрате металла, но минимальное удержание должно составить 30 г/т
<i>Цинковые концентраты</i>	
Цинк	Оплачиваются 85 % цинка в концентрате, но минимальное удержание составляет 8 % (отраслевой стандарт)
Серебро	Оплачиваются 70 % серебра после удержания 3 унций. Возможны колебания оплаты 60-80% после удержания 3-5 унций
Кадмий	Оплачиваются до 70 % кадмия в концентрате (по договоренности, при благоприятной ситуации на рынке металла, в настоящее время не оплачивается)

Плата за металлургическую переработку концентратов и рафинирование металла слабо связана с ценой на металл, поскольку на нее влияют также степень загруженности металлургических мощностей, обменные курсы валют и нестандартные ситуации (например, закрытие крупного рудника, форс-мажорные случаи и т.д.).

Наличие вредных примесей в концентрате приводит к росту затрат металлургических предприятий на производство чистого металла. Если содержание таких примесей превышает некоторый установленный уровень, потребители налагают штрафы на поставщиков таких концентратов.

В ряде публикаций при рассуждениях о комплексности переработки сырья уверяется, что стоимость попутных компонентов существенно влияет на стоимость товарной продукции, а в ряде случаев больше стоимости основных компонентов. Фактически это справедливо, только если в качестве попутных компонентов рассматривать благородные металлы, стоимость которых в концентратах в ряде случаев весьма значительна. Содержание редких компонентов практически не влияет и не может значительно влиять на стоимость флотационных концентратов руд цветных металлов.

В таблице 4.14 приведён расчёт стоимости всех ценных компонентов в медном концентрате с учётом их возможного извлечения на металлургическом производстве (стоимость компонентов в концентрате в % от стоимости металла рассчитывалась, исходя из фактически принятого извлечения с понижающим коэффициентом ~0,9):

- стоимость извлекаемых селена, теллура и серы в 1 тонне медного концентрата не превышает 14,1 долларов (из них 12,2 доллара – стоимость серы), что составляет 1,41 % от стоимости основных компонентов.

- потенциальная стоимость неизвлекаемых цинка, свинца, кадмия в 1 тонне медного концентрата составляет 35,1 долларов (из них 32,4 доллара – стоимость цинка), что составляет 3,51 % от стоимости основных компонентов.

Таблица 4.14 - Расчёт стоимости основных и попутных компонентов в медном концентрате флотационного обогащения руды месторождения Кусмурын

Компонент	Содержание, %	Количество металла в концентрате, кг/т	Возможное извлечение на стадии металлургической переработки, %	Стоимость металла, долл./кг	Стоимость металла в 1 тонне концентрата	
					% от стоимости и металла*	В долларах
1	2	3	4	5	6	7
Оплачиваемая часть						
Cu	23	230	95	4,5	85,5	884,9
Au	0,00028	0,0028	90	38580	81	87,5
Ag	0,0065	0,065	90	482	81	25,4
Итого:						997,8
Теоретически извлекаемые, но не оплачиваемые попутные компоненты						
Se	0,0203	0,203	45	20	40,5	1,64
Te	0,019	0,186	3	40	2,7	0,20
S	81,77	817,65	83	0,02	74,7	12,2

Продолжение таблицы 4.14

1	2	3	4	5	6	7
Итого:						14,1
Неизвлекаемые неоплачиваемые основные и попутные компоненты						
Zn	4,2300	42,3	50	1,7	45	32,4
Pb	0,3000	3,0	50	1,7	45	2,3
Cd	0,0525	0,525	60	1,4	54	0,40
Итого:						35,1
Примечание: *Стоимость металла в концентрате в % от стоимости металла рассчитывалась, исходя из фактически принятого извлечения с понижающим коэффициентом ~0,9.						

Фактический выпуск селена чернового на Балхашском медеплавильном заводе за 2010-2014 гг. изменялся от 37,139 до 52,165 тонн, цена реализации находилась в пределах 10-20 долл. за 1 кг, что было существенно ниже цены селена металлического (40,5 долл. за 1 кг), в последующие годы производство было прекращено.

Выпуск теллурида меди уменьшался с 2010 по 2012 гг. с 4,066 до 1,079 тонн, в 2013-2018 гг. теллурид меди не производился. Реализация в 2010-2012 гг. производилась по фиксированной цене – 20 долл. за 1 кг, что также существенно ниже цены теллура металлического (40 долл. за 1 кг).

Сернокислотное производство ТОО «Корпорация Казахмыс» представлено сернокислотными цехами Жезказганского и Балхашского медеплавильных заводов. По данным за 2010-2018 гг. производство является нерентабельным, частично произведенную серную кислоту приходится нейтрализовать за собственные средства. Себестоимость производства 1 т серной кислоты составляет 20,6 долларов.

Учитывая небольшие запасы попутных компонентов, низкие их содержания, отсутствие самостоятельных залежей попутных компонентов, отсутствие технологий обогащения и переработки попутных компонентов, а также ограниченные возможности извлечения попутных компонентов на соответствующих производствах, целесообразно рекомендовать ТОО «Корпорация Казахмыс» осуществить процедуру перевода экономически неактивных балансовых запасов попутных компонентов (селен, кадмий, теллур, сера), учтенных по категориям C_1 и C_2 , в забалансовые запасы.

4.3 Модификация геолого-экономической оценки запасов месторождения с учетом мировой практики

Геологическая отрасль Казахстана, ключевым критерием эффективности работы которой является прирост разведанных запасов полезных ископаемых, призвана обеспечить опережающее изучение недр и восполнение минерально-сырьевой базы [2,5]. Природные катастрофы усиливают требования к обоснованности управленческих решений, нацеленных на достижение устойчивости развития и государства, и его регионов [3,30,31]. Возрастает роль рационального размещения техногенных объектов, научной

обоснованности создания специальных зон, основываясь на картографической и информационной базе данных. Наращивание экспорта минерально-сырьевой казахстанской продукции требует решения сложнейших отраслевых задач: открытие новых месторождений, структурная и технологическая модернизация действующих месторождений, подготовка квалифицированных кадров.

Прогресс Казахстана связан, прежде всего, с наличием природных ресурсов, многолетней практикой, охватывающей все сложности хозяйствования, отработкой защитных механизмов по отстаиванию национальных интересов. Накопленный Казахстаном опыт по индустриально-инновационному развитию может быть полезным для развивающихся стран, поскольку наглядно показывает, как трансформационные процессы учитывают специфику страны, ее геополитическое положение, традиции и менталитет.

При выполнении геологоразведочных работ с поверхности используются высокопроизводительные буровые установки Epiroc (Atlas Copco), позволяющие бурить скважины глубиной до 1200 метров. Для эксплуатационной разведки используют высокопроизводительные буровые установки Diamec 262 и Sandvik DE 130, применяемые в подземных горных выработках. Активизируются инновационные исследования: проведены томографические поиски рудных тел путем зондирования на глубину 800 метров, запланирован проект микросейсмического зондирования для определения рудных зон.

С целью совершенствования геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых одним из первостепенных условий роста инвестиционной привлекательности минерально-сырьевого комплекса Казахстана, возможности определения максимально достоверных геологических и технических сведений по разрабатываемым проектам становится переход на международную систему стандартов отчетности по запасам полезных ископаемых CRIRSCO.

Принципиальных различий в требованиях CRISCO и Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых Республики Казахстан не наблюдается. Более того, система CRISCO, где запасы и ресурсы оценивает компетентное лицо, выглядит более упрощенной. В Казахстане запасы делились на прогнозные ресурсы категорий P_3 , P_2 , P_1 и промышленные запасы категорий C_1 , C_2 , B, A.

В системе CRISCO градация по запасам такова: подтвержденные, извлекаемые, экономически целесообразные. Общим требованием является достоверность по всей информации и по запасам, в частности. Запасы минерального сырья не являются неиссякаемыми, что требует строгий учет и контроль за их рациональным использованием.

С внедрением международных стандартов претерпит изменение экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. На её основе будут определены экономическая значимость и целесообразность освоения месторождения, последовательность вовлечения в разработку отдельных его

частей, установлены кондиции на минеральное сырье, рассчитаны балансовые запасы месторождения, очерчены ориентиры дальнейших геологоразведочных работ. Итоговые данные экономической оценки могут применяться для нормирования потерь полезного ископаемого при разработке и расчете экономических санкций за их превышение.

Для оптимизации принимаемых решений по дальнейшей эксплуатации месторождений, соединения воедино проблемы удовлетворения потребности общества в конкретных природных ресурсах и экологических требований, на наш взгляд, научная доказательность геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых повысится за счет расчета дополнительных показателей. Например, сравнительная себестоимость добычи различными приемами с учетом содержания полезных ископаемых и расходов на рекультивации земель; транспортные расходы, связанные с доставкой сырья конкретному потребителю; степень загруженности ключевого оборудования, задействованного в обогащении и извлечении полезных компонентов.

Безусловно, основополагающим принципом, положенным в основу геолого-экономической оценки месторождений, охватывающей все стадии геологоразведочного процесса, должен быть положен принцип наиболее полного вовлечения в национальное хозяйство уже разведанных запасов. На наш взгляд, должны учитываться еще и такие единые принципы, как по возможности наилучшее применение уже разведанных запасов полезных ископаемых; достижение доходности добычи и переработки минерального сырья (не ниже отраслевых нормативов); самоокупаемость добычи и переработки по каждой единице балансовых запасов; всесторонний учет и наиболее полное отражение национальных потребностей.

Кроме того, под рациональностью необходимо рассматривать и такой факт – как платежи налога на добычу за попутные компоненты, даже те, которые не извлекаются или не имеют сбыта. В таком случае рационально отказаться от их балансовой принадлежности, чтобы снизить налоговую нагрузку недропользователей.

При проведении геолого-экономической оценки необходимо руководствоваться принятой в Казахстане единой методикой технико-экономического обоснования кондиций. Это повариантное исследование месторождения для обоснования рациональных способов и систем его разработки, выбора наиболее эффективной технологии переработки сырья [68,71,108].

Технико-экономическое обоснование постоянных кондиций разрабатывается по материалам завершенных геологоразведочных работ. Цель – установить масштабы и промышленную ценность месторождения для определения целесообразности и экономической эффективности его промышленного освоения, принятия решения о финансировании инвестиционного проекта на освоение. Все сметно-финансовые расчеты по принятому варианту промышленного освоения месторождения выполняются в рамках реально допустимых значений всех модифицирующих факторов –

технических, оперативно-производственных и экономических, от которых зависит жизнеспособность проекта и целесообразность инвестирования дальнейших геологоразведочных работ. Количество принимаемых в расчет факторов должно быть достаточным для установления промышленных запасов. Для повышения достоверности оценки предлагаем её завершать финансовым анализом месторождения, оценкой точности расчета совокупных затрат на освоение месторождения.

Ключевым элементом оценки является выбор наиболее целесообразного варианта отработки месторождения по принципу достижения наибольшего экономического эффекта, затрагивающего интересы государства и инвесторов [108]. Повысят обоснованность выводов расчет доходов от эксплуатации месторождения и расходов на эксплуатацию месторождения; чистого дохода инвесторов с учетом уплаты всех обязательных платежей; показателей, отражающих экономическую эффективность инвестиционного проекта по конкретному месторождению, детальный анализ структуры денежных потоков с учетом временного фактора.

Если говорить о будущем геологической отрасли Казахстана, то для всестороннего исследования количественных и качественных характеристик недр, за счет государственного бюджета и государственно-частного партнерства запланировано продолжение региональных и полномасштабных разведочных работ, выявление перспективных участков на коммерческое установление полезных ископаемых для последующих разведочных работ по контрактам на недропользование. Внедрение инструментов государственно-частного партнерства будет стимулировать частные инвестиции в реализацию проектов по геологическому исследованию недр, проведению наиболее рискованных геологических исследований, что активизирует продвижение инновационных технологий в геологоразведочные работы, ускорит переход на международные стандарты отчетности по запасам [105,106].

На 2020-2030 годы запланировано проведение поисково-оценочных геологоразведочных работ, открытие новых месторождений и подсчет ресурсов полезных ископаемых, обеспечение целесообразного потребления недр на изученных площадях, продолжение региональных и поисковых работ на новых территориях.

В силу того, что геологоразведочное производство принимает отчетливо выявленный научно-исследовательский образ, нельзя не заметить подобие инвестиций, нацеленных на разведывательные операции по месторождениям полезных ископаемых с вложениями в инновационную среду. В случае проведения аналогий между инновациями и геологоразведочными работами первому этапу бюджетного финансирования соответствуют стадии региональных и геолого-съёмочных работ. Этап рискоинвестиций сопоставим с работами, предполагающими поисковые, поисково-оценочные действия и охватывающими начальные стадии разведки. На данном этапе происходит оценка возможного промышленного значения выявленных объектов, утверждение промышленных запасов. Для указанного этапа характерно участие, как государства, так и частных компаний. Третьему этапу

инновационных инвестиций соответствуют стадии доразведки месторождений и эксплуатационной разведки, т.е. работы, проводимые обычно на фоне промышленной добычи полезных ископаемых.

Исходя из существующей в Казахстане структуры затрат на геологоразведочные работы, очевидно, что почти 90 % затрат приходится именно на этап рискоинвестиций, причем свыше 70 % затрат являются наиболее уязвимыми с точки зрения геологического риска, поскольку приходятся на стадии поисков. Об идентичной природе финансирования нововведений и вложении ресурсов в поисково-разведочные действия говорит многое. Это, например, наукоемкий характер подобных шагов, похожесть в оценке экономических рисков ситуаций и возвращения потраченных средств, обязательность государственной поддержки как в виде конкретного финансирования на начальных производственных этапах, так и в виде поощрения инвестиционных поступлений в дальнейшем.

Как инновационная активность, так и геологоразведочная деятельность, должны стимулироваться налоговыми льготами. Но для геологических предприятий необходима оптимизация налоговой политики с учетом геологического риска.

Горно-металлургический комплекс Казахстана, будучи наиболее конкурентоспособным и динамично развивающимся, значительно уступает мировым лидерам по техническому вооружению. Так, оснащение современным оборудованием и развитыми сетями передачи данных на месторождениях, составляет 21 %, 56 % месторождений характеризуется отсутствием сетей либо недостаточным их развитием, 23 % месторождений требуют полной замены оборудования.

Поэтому уже сегодня акцент делается на адаптацию технологий Индустрии 4.0, принципиально меняющей экосистему поставщиков вокруг горнодобывающих компаний с традиционной на высокотехнологичную. Индустрия 4.0 в горнодобывающей промышленности оказывает содействие росту производительности труда и наращиванию объемом создаваемой продукции для покрытия нарастающего спроса, ускоряет разрешение задач по разработке низкорентабельных руд. Для Казахстана, как обладателя с одной стороны, крупнейших, а с другой – преимущественно непростых для разработки резервов минеральных руд, она несет существенный эффект в виде наращивания ценности ресурсных накоплений и их эксплуатации в будущем.

Государство оказывает поддержку в решении актуальной проблемы оцифровки геологической отрасли с отстаиванием национальных интересов, где объективно необходимы: единая карта геологоразведки страны, переход к интеллектуальным месторождениям, трансферт технологий. Опыт по оцифровке месторождений АО «Эмбаунайгаз» – нефтяной компании, осуществляющей геологоразведку, разработку нефтегазовых месторождений, добычу и подготовку нефти и газа, свидетельствует, что за счет оцифровки мелких месторождений с небольшим количеством скважин можно сэкономить порядка 50-70 млн.тенге.

Переход от ресурсно-сырьевой к инновационной модели развития экономики Казахстана диктует необходимость принятия стимулирующих и протекционистских мер государства. Ускорит диверсификацию региональной экономики, придаст устойчивость развитию регионов, нацеленность этих мер как на углубленное воспроизведение минерально-сырьевой базы, обеспечивающего комплексацию добываемого сырья приростом запасов промышленных категорий, так и возобновление работ на перспективных, но законсервированных месторождениях, внесение изменений в организацию геологоразведочных работ Казахстана с устранением затратных методов их выполнения.

4.4 Адаптация Казахстана к международным подходам геолого-экономической оценки запасов полезных ископаемых

За годы новой индустриализации Казахстана активизировалось государственное регулирование отрасли: в июне 2016 г. Казахстан стал 10-м членом Комитета CRIRSCO; страна вошла в состав Правления организации Инициатива прозрачности деятельности добывающих отраслей (ИПДДО); В 2018 г. осуществлен перевод на международную систему отчетности по запасам углеводородного сырья SPE-PRMS; в горнорудной отрасли введен облегченный метод предоставления права недропользования в соответствии с моделью Западной Австралии, её принципом «Первый пришел – первый получил»; для исключения повтора информации в отчетах ИПДДО с отчетными данными субъектов и правительства в 2017 г. стартовало пилотное исследование «Маинстриминг»; совместно с Россией создан консорциум «Евразия», открывший возможности изучения казахстанских недр на территории Прикаспийской впадины, три четверти которой расположены в Казахстане, остальное – в России.

Формирование новой системы хозяйствования требует переосмысления имеющихся методологических подходов к экономическому обоснованию геологоразведочных работ, созданию принципов и методов геолого-экономической оценки месторождений, учитывающих современную экономическую теорию и становление компетентной среды [62,66,83]. В текущее время к обязательным факторам геолого-экономической оценки месторождений относятся: источник инвестиций и условия финансирования, норма прибыли, срок существования предприятия, система налогообложения, принцип достижения максимального экономического эффекта проекта [107]. На лидирующее место выходит чистый дисконтированный доход [109].

Учитывая нарастающую стратегическую значимость горно-металлургического комплекса для подъема экономики Казахстана, планируется выход на ранее не известные рынки с последующим географическим расширением поставок [2,4]. Отраслевое совершенствование будет основано на наращивании минерально-сырьевой базы, углублении

комплексной переработки сырья, повышении достоверности геолого-экономической оценки месторождений [2].

Внедрение международной системы стандартов отчетности по запасам полезных ископаемых CRIRSCO будет способствовать повышению инвестиционной привлекательности минерально-сырьевого комплекса Казахстана, гарантировать инвесторам, что предоставляемые им сведения являются максимально достоверными и правдивыми [6].

Государство оказывает поддержку в оцифровке материалов геологической отрасли с отстаиванием национальных интересов, где объективно необходимы: единая карта геологоразведки страны, переход к интеллектуальным месторождениям, трансферт технологий [2,6].

Предпринимаемые шаги являются примером государственного, системного подхода к развитию собственной промышленной базы в средне- и долгосрочной перспективе с целью обеспечения устойчивого и сбалансированного роста экономики через диверсификацию и интернационализацию действий, характерных для развивающихся экономических систем [3-5].

Выделение нерешенных ранее проблем. На сегодняшний день в Казахстане прирост запасов минерального сырья зависит от имеющегося поискового задела. С одной стороны, это приводит к значительному росту доли уже разведанных и подготовленных к дальнейшей их отработке в общей структуре запасов. С другой стороны – способствует уменьшению доли оцененных запасов и рассчитанных в прогнозах различных видов ресурсов.

Казахстан стремится соответствовать международным требованиям, касающихся оценки запасов. В частности, учета того, что если ранее допускался расчет содержания основного добываемого элемента на ранних и промежуточных исследовательских этапах, то сейчас акцент сделан на сведения, полученные по итогам полупромышленных испытаний. Также во внимание принимается новый стандарт инженерного проектирования, предполагающий контроль рисков с позиции социально-экономических и экологических результатов реализуемого проекта. Предварительный подсчет геологических запасов, ознакомление с технологическими исследованиями, показателями по капитальным затратам, себестоимости основной и попутной продукции закладывают базу для расчета коммерческих запасов в руде. В дальнейшем, исходя из маркетинговых исследований и ценовых прогнозов, оценивается рентабельность содержания руды на месторождении.

Ведущие добывающие страны с развитой рыночной экономикой применяют гибкие подходы к оценке утверждения и подтверждения запасов с привлечением независимых экспертов. Оценка ресурсов и запасов полезных ископаемых строго учитывает отраслевые рекомендации, а не правила, установленные государством. Перспективы и ценность месторождения определяются оценкой не только всех границ геологического содержания, включая геофизические, геохимические, но и экономической эффективностью. Роль государства в процессе недропользования

ограничивается разработкой таких правил деятельности в этой сфере, которые бы активизировали участие заинтересованных инвесторов.

Кроме того, в этих же странах экспертным сообществом приняты требования к лизинговым компаниям о предоставлении публичной отчетности по результатам геологоразведочных работ, выявленных запасах полезных ископаемых. Эти правила входят в биржевые правила: Кодекс JORC (Австралия), SME Guide (США), CIM (Канада), SAMREC (ЮАР). Они обеспечивают сферу недропользования прозрачной системой отчетности о ресурсах и запасах полезных ископаемых, предоставляя потенциальным инвесторам информативную базу для принятия решений касательно финансовых вложений в проекты горнодобывающих компаний. Данная система регулирования оценки ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых относится к передовым в мировой практике.

В Казахстане, как и в других республиках бывшего СССР применялась методика и система подсчета запасов полезных ископаемых, разработанная в 1960 г. и пересмотренная в 2007 г. Этот подход был распространен во многих социалистических странах.

Выход отраслей горной промышленности комплекса Казахстана на качественно новый уровень развития требует решения накопившихся проблем, совершенствования научного обеспечения и мониторинга геологоразведочных работ. Для оценки инвестиционной привлекательности конкретных полезных ископаемых, экономической обоснованности отработки месторождений, усиления предсказуемости и транспарентности среды для инвесторов необходим постоянный государственный контроль и анализ состояния геологической отрасли; четкие основания в определении месторождения полезных ископаемых [2,6,10]. Учитывая тенденцию к уменьшению содержаний в разрабатываемых рудах полезных компонентов, необходима переоценка современного состояния отечественного ресурсного потенциала на текущий момент в целях прогноза месторождений полезных ископаемых вовлекаемых в разработку и поиска вариантов увеличения добычи за счет прироста запасов.

Для улучшения инвестиционного климата в Казахстане недропользователям, создания благоприятных условий в геологоразведочной отрасли необходимы: безвозмездный доступ к геологической информации, восстановление налоговых льгот на добавленную стоимость касательно геологоразведочных работ, оперативное и упрощенное оформление лицензий в соответствующих центрах. Учитываются требования инвесторов к категоризации запасов и их подсчету: так, к запасам низких категорий, вовлекаемых в отработку в более поздние сроки, требования менее жесткие по сравнению с запасами первоочередной добычи. Для инвесторов регламентация запасов по степени изученности не является ключевой задачей. Акцент делается на то, что их вложения в горнорудный проект возвратятся вовремя и окажутся минимально рисковыми.

С точки зрения защиты государственных интересов, важную роль играет оценка величины запасов месторождения после перехода страны на

международную систему стандартов отчетности по запасам полезных ископаемых CRIRSCO. Казахстан первым из постсоветских стран реформировал сферу недропользования, приблизив её к международным требованиям.

В соответствии с международной практикой один из вопросов, требующих безотлагательного решения, связан с тем, что ввод новой системы оценки ресурсов и запасов полезных ископаемых требует создания саморегулируемой организации – национального института сертифицированных экспертов по оценке ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых.

Казахстан стремится к совершенствованию норм по определению месторождений, имеющих стратегическое значение и закреплению конкретных критериев по их определению. В частности, для формирования транспарентной среды в интересах инвесторов предусматривается определение ясных оснований для определения месторождений. К числу которых отнесены: величина запасов месторождений, вид полезного ископаемого, географическое расположение и интересы национальной безопасности. При определении данных критериев разработчиком будут приняты во внимание комментарии представителей ОЭСР об установлении адекватного порога запасов полезных ископаемых.

На основе объективной оценки ресурсного потенциала системообразующего минерального сырья, Казахстан планирует формировать на определенных территориях горно-металлургические кластеры, с помощью которых повысится самодостаточность регионов.

В среднесрочном периоде объем инвестиций ТОО «Корпорация «Казахмыс» будет снижаться при неизменном наращивании расходов на модернизацию технологических процессов и поддержание достигнутого уровня развития. Из запланированных 152 млрд. тенге на развитие производства, 137 млрд. тенге направлены на реализацию восьми инвестиционных проектов – четыре по горному переделу и четыре по обогательному и металлургическому переделам, 15 млрд. тенге выделены на проекты в сфере информационных технологий.

По мере перехода на международные стандарты отчетности по запасам твердых полезных ископаемых, государственный учет запасов будет осуществляться на основе отчетов компетентных лиц. Национальные компании, осуществляющие деятельность в горнорудном, нефтегазовом и урановом секторах недропользования, наделены привилегированным положением: они могут получать права недропользования на основе прямых переговоров.

Горнорудный сектор является ключевым донором экономики Казахстана, формируя значительную долю валютных поступлений. Выход отраслей топливно-энергетического комплекса на качественно новый уровень развития требует безотлагательного решения назревших проблем.

Несмотря на предпринимаемые государством действенные шаги по развитию ресурсодобывающего сектора, они недостаточны: до сих пор

отсутствует системный подход к его разработке на долгосрочный период, последовательности, прозрачности всех индикаторов и показателей [72,108].

В обозримом будущем сложившаяся тенденция к уменьшению восполняемости и качества ресурсной базы, может способствовать падению уровня добычи полезных ископаемых, привести к снижению экспортных доходов от экспорта, ослаблению конкурентоспособности Казахстана [3-5].

В свете сказанного активизация перехода Казахстана на международную систему стандартов отчетности по запасам полезных ископаемых CRIRSCO нацелена на повышение действенности регулирования экономического механизма воспроизводства минерально-сырьевой базы с целью привлечения заинтересованных инвесторов в геологоразведочную отрасль.

Казахстанский Кодекс публичной отчетности KAZRC отвечает требованиям CRIRSCO, что открывает возможность вхождения в число международных стандартов с получением в последующем мирового признания. Он включает все общепринятые в мировом горно-геологическом сообществе минимальные требования к отчетам по геологии по итогам геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и запасах, представляемых компаниями международным инвесторам, банкам и биржам.

78 членов профессионального объединения независимых экспертов недр (ПОНЭН) Казахстана признаны компетентными лицами, готовыми предоставлять отчетность по запасам и ресурсам горнорудных месторождений согласно стандартам KAZRC, входящим в международное семейство CRIRSCO (Комитет международных стандартов отчетности о запасах твердых полезных ископаемых).

Несмотря на то, что в 2019 г. планировалось подготовить 20 геологических отчетов по системе KAZRC, в Казахстане продолжается учет на основе системы государственной комиссии по запасам. Основопологающим требованием Комитета государственных доходов является учет запасов полезных ископаемых государственным балансом. Препятствий по постановке на государственный баланс запасов полезных ископаемых нет. Статьей 277 Кодекса о недрах и недропользовании предусмотрен переходный период на применение действующей системы ГКЗ РК до 2024 г. Недропользователи по лицензиям и Контрактам вправе представлять отчеты, как по стандартам KAZRC, так и по стандартам ГКЗ РК.

Ожидаемые результаты от принятия Казахстаном международных стандартов отчетности по ресурсам и запасам:

- в сфере недропользования Казахстан активизирует действия по реализации целевых установок вхождения в тридцатку стран-членов ОЭСР, использующих стандарты CRIRSCO;

- активизация создания и развития рынка юниорских компаний в стране;

- обязательность систематической информационной актуализации данных о ресурсах и запасах, сопровождаемых применением горно-геологических информационных систем и технологий: DATAMINE, MICROMINE, SURPAC и др.; оптимизация производственных процессов, стабилизация поставки руды требуемого качества и рост доходности проектов;

- своевременный и оперативный учет конъюнктурных изменений мирового рынка сырья;
- рост квалификации казахстанских специалистов, интеграция горно-геологической отрасли Казахстана в отраслевой рынок, охватывающий передовые страны;
- развитие ресурсной базы для горнодобывающей и металлургической отраслей, открытие новых месторождений за счет увеличения объемов разведочных работ;
- наращивание конкурентоспособности горнодобывающей отрасли Казахстана, форсирование попадания предприятий на рынки, объединяющие мировой венчурный капитал.

Сегодня Казахстан решает одну из сложнейших задач по восполнению своей минерально-сырьевой базы, выявлению перспективных участков геологоразведки, новых рудных объектов, прогнозных ресурсов полезных ископаемых, оценке перспектив выявления месторождения редкоземельных металлов по основным рудным провинциям. Только в 2018 г. на геологическое изучение недр 78 объектов из республиканского бюджета было выделено 8 млрд. тенге. Большой вклад в решение этого вопроса вносят и частные недропользователи, вложения которых на геолого-разведочные работы в 2017 г. составили 177 млрд. тенге, в 2018 г. – 180 млрд. тенге, причем 70 % их них приходится на нефтегазовый сектор.

В рамках политики импортозамещения, один из инструментов поддержки местных производителей – преференциальный режим, по которому условные скидки доходят до 20 %, распространяется и на металлургию. Так, производится закуп товаров из одного источника для недропользователей горнорудного сектора, если доля местного содержания в таком товаре составляет не менее половины, для недропользователей нефтегазового сектора – не менее 65 %. Предоставляется возможность заключения долгосрочных договоров сроком до 10 лет, увеличение срока поставки товара. Эти меры поддержки предусмотрены по закупкам национальных компаний и государственным закупкам.

В соответствии с обязательными требованиями при переходе на международные стандарты отчетности KAZRC о результатах геологоразведочных работ и запасах, в ближайшие годы в Казахстане планируется создание коммерческой геохимической лаборатории с международной сертификацией. На данный момент функционирует предприятие ТОО «ALS KAZгеохимия», созданное совместно с одной из ведущих мировых компаний в области представления технических услуг – австралийской компанией ALS Limited.

К 2020 г. планируется создание информационной системы «Национальный банк данных минеральных ресурсов», объединяющей и актуализирующей все исторические геологические данные в новом формате [2]. С её помощью будет достигнута прозрачность деятельности государственных органов и недропользователей. С целью привлечения

инвесторов в горнорудную отрасль, упрощен их доступ к оформлению права недропользования и сдаче отчетности.

Несмотря на все преобразования в экономике Казахстана, по-прежнему ключевым источником формирования её доходов остается топливно-сырьевой комплекс. Основные черты казахстанской экономики: активное государственное вмешательство в экономику; слабо диверсифицированная структура экономики с преобладанием отраслей и сегментов, ориентированных на извлечение природной ренты; растущая зависимость от иностранных инвестиций [68].

Прогресс национальной экономики сдерживают внутренние проблемы горно-металлургической отрасли: истощение минерально-сырьевой базы, ухудшение качества добываемых руд и медленное освоение новых месторождений, низкая степень комплексности использования минерального сырья, низкие объемы производства продукции высоких переделов, устаревшая техническая база. Усугубляет ситуацию рост экологической безопасности государства не только в сегментах нефтегазодобычи и угольной генерации, являющихся основными источниками загрязнения окружающей среды, но и в рамках набирающей темпы развития атомной электрогенерации. Вышесказанное подтверждает необходимость привлечения инвестиций в геологоразведочную деятельность для пополнения ресурсной базы, и в частности, в сегменты добычи сырой нефти и урана.

Ситуация на мировом рынке углеводородов требует новых и неординарных шагов для поддержания нефтегазовой отрасли Казахстана. В ближайшие годы основное внимание должно быть сосредоточено на повышении потенциала экспорта углеводородов, сокращении внутреннего потребления за счет использования возможностей энергосбережения; создании условий, вынуждающих нефтяные компании модернизировать нефтепереработку, последовательно уменьшая неэффективные налоговые субсидии. Например, уже сейчас рассматривается вопрос об открытии нового направления экспорта углеводородов в Индию; расширяется сотрудничество в ЕАЭС, в рамках которого в 2020 г. планируется создание единого рынка в сфере электроэнергетики, к 2025 г. – единого рынка в сфере нефтепродуктов [70,71].

Снижение производственной зависимости экономики Казахстана от импорта и рост её внутренней стабильности выражается, главным образом, в создании основы роста несырьевого экспорта; вовлечении сырьевых производств во внутри казахстанские производственные цепочки. Новые меры государственной поддержки товаропроизводителей стимулируют развитие казахстанского содержания, открывают перспективы для модернизации действующих производств и обеспечивают переход на выпуск товаров, необходимых для удовлетворения потребности внутреннего рынка при соответствующем паритете цены и качества. В цветной металлургии акцент будет сделан на расширении производства базовых металлов (меди, золота, титана, алюминия); увеличении объемов производства различных изделий

(катанки, проволоки, проката, профиля и сплавов, фольги, ювелирных изделий) [5].

Для преодоления «ловушки среднего дохода» на пути к вхождению в тридцать развитых стран мира, Казахстан формирует новую модель экономического роста. Она базируется на стимулировании экспорт ориентированного производства за счет повышения производительности и сложности экономики, развития человеческого капитала и привлечения частных средств в условиях роста конкуренции, лидирующей роли частного сектора и реализации потенциала развития регионов страны. Поставлена цель: увеличить вдвое не сырьевой экспорт к 2025 г., активизировать индустриализацию с акцентом на конкурентоспособные экспортные производства в приоритетных отраслях экономики [5] (таблица 4.15).

Таблица 4.15 - Ключевые национальные индикаторы

Индикатор	Ед. изм.	Годы			
		2016	2021	2025	2050
ВВП на душу населения	в текущих долларах в номинальном выражении	7 715	13 190	18 500	33 270
Рост производительности труда	% прироста от уровня 2016 г. в ценах 2016 года	-	24	51	363
Объем несырьевого экспорта товаров и услуг	млрд. долл.	19,2	29,2	41,0	90,0
Доля ненаблюдаемой (теневой) экономики	% в ВВП	25,8	23	20	15
Инвестиции в основной капитал	% от ВВП	16,4	17,1	19,4	30,0
Индекс эффективности логистики (Всемирный Банк)	место	77	40	38	30
Энергоемкость ВВП (показатель прокси-влияния на окружающую среду, по данным МЭА)	% снижения от уровня 2008 г.	13	20	25	50

Одним из первостепенных условий роста инвестиционной привлекательности горнодобывающей промышленности Казахстана и минерально-сырьевого комплекса становится переход на международную систему стандартов отчетности по запасам полезных ископаемых CRIRSCO. В соответствии с этой системой определяются геологические и технические сведения по разрабатываемым проектам, которые предприятия должны показывать общественности. Только такой подход может гарантировать инвесторам уверенность в том, что предоставляемые им сведения максимально достоверны и правдивы.

Для достижения устойчивого развития Казахстана требуется интенсификация добычи и переработки природных ресурсов в готовую

продукцию. Для решения проблемы роста качества рудоминерального сырья цветной металлургии, необходимо совершенствовать систему управления качеством на основе геолого-технологической типизации руд. И здесь неоценимую роль окажут не только геологические и геофизические исследования, но и обстоятельная, достоверная геолого-экономическая оценка различных месторождений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Месторождение Кусмурын было открыто в 1939 г., но объективная экономическая оценка была произведена только один раз – в 1976 г. Добыча на месторождении проводилась в 1970-80-х годах, когда были отработаны запасы богатых окисленных золоторудных руд и в 2006-2008 гг. с переработкой добытой товарной руды на Карагайлинской обогатительной фабрике.

Недропользователем на месторождении является ТОО «Корпорация Казахмыс» на основании Контракта на добычу [Об утверждении типовых контрактов на недропользование. Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 11 июня 2018 года № 233. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 29 июня 2018 года № 17140].

В 2010-2019 гг. продолжались геологоразведочные работы. С целью совершенствования технологии переработки руд, изучения глубоких горизонтов месторождения и флангов активизировались поисковые работы в пределах рудного района.

В результате проведенных работ был получен значительный прирост запасов, до настоящего времени не поставленных на государственный баланс: для подземной добычи относительный прирост по руде составил 89 % (15 656 тыс. тонн), по меди – 55 % (306 тыс. тонн), по цинку – 32 % (43 тыс. тонн), по золоту – 42 % (6,4 тонны), по серебру – 49 % (150 тонн).

В последние годы на Карагайлинской обогатительной фабрике перерабатывается руда месторождений Абыз и Акбастау, сырьевая база которых истощается и не позволяет задействовать фабрику на проектную мощность.

В диссертации рассмотрена возможность вовлечения месторождения Кусмурын в промышленную добычу, что будет являться стратегическим источником сырья для Карагайлинской обогатительной фабрики, входящей в состав ТОО «Корпорация Казахмыс».

На основании выполненных расчетов и разработанной ФЭМ, можно сделать выводы, что месторождение Кусмурын обладает большими потенциальными возможностями, поэтому в ближайшие годы объем инвестиций в освоение месторождения значительно увеличится.

Значение NPV соответствует критериям для принятия положительного решения и характеризует проект как рентабельный (NPV при 15% = 61,9 млн. USD, NPV при 30% = 9,4 млн. USD) при весьма низком сроке окупаемости капитальных затрат – 3,5 года.

Рентабельность во многом обусловлена принятой методикой добычи – на 1 этапе одновременно со стройкой подземного рудника производится доработка карьером богатых руд, что позволяет генерировать положительные потоки наличности уже в первые годы эксплуатации.

На основании экономической оценки эффективности переработки попутных компонентов разработаны рекомендации ТОО «Корпорация Казахмыс» в части осуществления процедуры перевода экономически

неактивных балансовых запасов попутных компонентов (селен, кадмий, теллур, сера), учтенных по категориям C_1 и C_2 , в забалансовые запасы.

Корпорации «Казахмыс» даны рекомендации по выбору способа дальнейшей отработки месторождения при уменьшении открытых горных работ и постепенного перехода на подземную добычу, как экономически более результативную в среднесрочном периоде.

Рекомендовано разработать Программу привлечения частных недропользователей и местных производителей для развития геологоразведочных работ на прилегающих территориях. Внедрить программу развития добычных работ на месторождении Кусмурын с учетом стандарта KAZ RC.

В рамках освоения месторождения Кусмурын, целесообразно создание современной геохимической лаборатории соответствующей международным стандартам.

На основе цифровизации горно-геологических результатов работ за весь период начиная с открытия месторождения Кусмурын создать информационную систему по эффективному планированию отработки месторождения с целью обеспечения текущих и перспективных приростов запасов, эффективной добычи рудной массы и минимизации потерь.

Продвижение инновационных технологий в геологоразведочные работы, ускорит переход на международные стандарты отчетности по запасам, что позволит привлечь иностранных инвесторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Комплекс мер по технологическому перевооружению базовых отраслей промышленности до 2025 года, включающий элементы Четвертой промышленной революции. Утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан 17 февраля 2017 г. №423.
2. Концепция развития геологической отрасли Республики Казахстан до 2030 года. Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 13 августа 2012 года № 1042.
3. Прогноз социально-экономического развития Республики Казахстан на 2019 - 2023 годы. Одобрен на заседании Правительства Республики Казахстан (протокол № 33 от 28 августа 2018 г.) с учетом изменений от 26 ноября 2018 г. (протокол № 47).
4. Стратегический план развития Республики Казахстан до 2025 года. Утвержден Указом Президента Республики Казахстан от 15 февраля 2018 г. № 636.
5. Об утверждении Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020 – 2025 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 31 декабря 2019 года № 1050.
6. Кодекс Республики Казахстан О недрах и недропользовании от 27 декабря 2017 года № 125-VI ЗРК. (с изменениями и дополнениями по состоянию на 30.12.2019 г.)
7. Государственная Программа «Цифровой Казахстан». Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года 827.
8. Государственная программа индустриально-инновационного развития на 2015 - 2019 годы. Утверждена Указом Президента Республики Казахстан 1 августа 2014 г. № 874.
9. Комплексный план по развитию горно-металлургической промышленности РК на 2014-2018 годы. Утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 мая 2014 года № 568.
10. Программа геологоразведочных работ на 2015 - 2019 годы. Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 21 мая 2014 года № 526.
11. План развития разработки редких и редкоземельных металлов в Республике Казахстан на 2015-2019 годы. Утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан от 26 ноября 2014 года № 1237.
12. Правила учета геологической, гидрогеологической, инженерно-геологической, геофизической, эколого-геологической и геохимической изученности территории Республики Казахстан. Утверждены приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 410.

13. Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 28 июня 2018 года № 478 «Об утверждении Программы управления государственным фондом недр (с [изменениями и дополнениями](#) по состоянию на 23.04.2019 г.)».
14. Пусканов О.Е. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. М.: Экономика, 2016. - 373с.
15. Шиманкская М.А. Геолого - экономические основы горного бизнеса. М.: Глобус. 2016. – 277 с.
16. Комплексная геолого-экономическая оценка рудных месторождений (основы методики) /А.М. Быбочкин, Л.З. Быховский, Ю.Ю. Воробьев и др. – М.: Недра, 1990. – 326 с.
17. Антоненко А.А., Скринник Л.И., Гадеев Р.Р. Некоторые основы предпрогнозной оценки на примере территории Казахстана // Геология и охрана недр. - 2019, №4. –С.27 - 33.
18. Унукович А. В., Краковецкий А. В. Функции и состав инвестиционного проекта для разработки бизнес-плана и оценки экономической ценности природных ресурсов // Новости науки и технологий. 2013. № 3–4. – С. 3–15.
19. Лисов С.В., Лисов В.И. Сфера недропользования: актуальность институциональных и интеграционных изменений// Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016. №6. - С. 56 - 61.
20. Отчет о выполненных геологоразведочных работах на месторождении Кусмурын в 2010-2012 гг. ТОО «Корпорация Казахмыс», ТОО «Казахмыс Эксплорэйшн». - Караганда, 2013. - 53с.
21. Предварительный технико-экономический расчет сравнения вариантов отработки запасов месторождения Кусмурын. ТОО «Корпорация Казамыс». Головной проектный институт. Астана, 2018.
22. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 6-10-68 «Исследование физико-механических свойств и геомеханических параметров пород и руд для расчета безопасных параметров выемочных единиц подземной отработки на месторождении Кусмурын (подземный способ отработки). РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан». Усть-Каменогорск, 2011. - 51с.
23. Отчет по объемному моделированию и оценке минеральных ресурсов на месторождении Космурун. ТОО «Два Кей», Алматы, 2011. - 94с.
24. Методическое руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу недр материалов по подсчету запасов твердых полезных ископаемых. Утверждено приказом Министра энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан от 26 декабря 2008 года №318.
25. Методическое руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу недр материалов технико-экономического обоснования кондиций на твердые полезные ископаемые. Утверждено приказом Министра энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан от 3 июля 2008 года №181.

26. Об утверждении Инструкции о проведении геологоразведочных работ по стадиям (твердые полезные ископаемые). Утверждена приказом Министра энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан от 27 февраля 2006 года № 72.

27. Об утверждении Инструкции по оформлению отчетов о геологическом изучении недр Республики Казахстан. Приказ и.о. Министра индустрии и новых технологий Республики Казахстан от 25 декабря 2013 года № 431.

28. Портнов В.С Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири. Том 2 / Томский политехнический университет, Томск, 2018.- С 758-759.

29. Нигматулин А.М., Ордубаев С.Г., Абдрахманова З.Т., Шаханов А.М., Кан А.Н., Исатаева Ф.М., Ефименко С.А. Мониторинг содержаний металлов в рудах на конвейерах обогатительных фабрик и рудника Нурказган ТОО «Корпорация Казахмыс» // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти Н.П. Червинского. ПГИУ, Пермь. 2019. - Вып. 22. - С. 249 – 258.

30. Об утверждении Программы развития моногородов на 2012-2020 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 25 мая 2012 года № 683.

31. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 728. Об утверждении Программы развития регионов до 2020 года (с изменениями и дополнениями по состоянию на 17.06.2015 г.).

32. Протокол № 7778 заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых СССР от от 31.12.1976 г. по рассмотрению подсчета запасов по месторождению Кусмурын по состоянию на 1.10.1976 г. Москва, 1976.

33. Аристов В. В., Роков А. Н. Локальный прогноз и методика поисков основных промышленных типов месторождений твердых полезных ископаемых. М.: МГОУ, 1996. - 419 с.

34. Комплексная геолого-экономическая оценка рудных месторождений (основы методики) / А. М. Быбочкин и др. М.: Недра, 1990. - 326 с.

35. Ершов В. В. Основы горнопромышленной геологии: учебник для вузов. М.: Недра, 1988.- 328 с.

36. Агошков М. М., Борисов С. С., Боярский В. А. Разработка рудных и нерудных месторождений: учебник для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1983. - 424 с.

37. Рудничная геология: учеб. пособие для вузов / В. Ф. Мягков [и др.]. М.: Недра, 1986. 199 с.

38. Мягков В. Ф. Об основных принципах опробования и оценки полезных ископаемых при разведке и разработке месторождений // Изв. вузов. Горный журнал. 1992. № 9. С. 9–17.
39. Крейтер В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Госгеолтехиздат, 1961. Т. 2. 390 с.
40. Мягков В. Ф. Геометризация и анализ геологических полей месторождений полезных ископаемых // Изв. вузов. Горный журнал. - 1982. - № 10. С. 30–37.
41. Пешков, А.М. Исследование влияния геологических, экономических и технологических факторов на требования к качеству природного и техногенного сырья при разработке рудных месторождений в полном цикле / 7-я международная конференция. Комбинированная геотехнология: масштабы добычи и качество сырья при комплексном освоении месторождений. Магнитогорск, 2013. С.55-57.
42. Бастан П. П., Азбель Е. И., Ключкин Е. И. Теория и практика усреднения руд. М.: Недра, 1979. - 239 с.
43. Крамбейн У., Кауфман М., Мак-Кеммон Р. Модели геологических процессов. М.: Мир, 1973. - 152 с.
44. Мягков В. Ф. О геостатистике при геометризации месторождений // Изв. вузов. Горный журнал. 2008. - № 1. - С. 54–65.
45. Yefimenko S., Yefimenko O., Portnov V., Maussymbayeva A., Makarov D. Nuclear–geophysical technologies for online quality control of ores and their processing products applied at corporation Kazakhmys PLC // 20th Conference on Environment and Mineral Processing. Ostrava: VŠB-TU, 2016. P.325–331.
46. Ставский А. Зарубежный опыт организации геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые и возможности его применения в России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. - 2013. - № 1. - С.55-57.
47. Klett, T.R., Cook, T.A., Charpentier, R.R., Tennyson, M.E., and Le, P.A., U.S. Geological Survey assessment of reserve growth outside of the United States: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2015–5091, 13 p., <http://dx.doi.org/10.3133/sir20155091>.
48. Ермолов П.В., Жолтаев Г.Ж., Жаутиков Т.М. Геология и металлогения Казахстана с позиций современных научных концепций // Известия НАН РК. Серия геол. – Алматы, 2011, - №2. - С. 4-16..
49. Месторождения меди Казахстана. Справочник под редакцией А.А. Абдулина, Х.А. Беспяева, Э.С. Воцалевского, С.Ж. Даукеева, Л.А. Мирошниченко, Алматы. – 1997. – 175с.
50. Астахов А.С. Экономика разведки, добычи и переработки полезных ископаемых (геоэкономика). - М.: Недра. 1991. - 316 с.
51. Дадыкин, В.С. Совершенствование программно-целевого управления недропользованием на основе геолого-экономического мониторинга // Минеральные ресурсы России: Экономика и управление. – 2013. - №4. – С. 68-72.

52. Методика разведки россыпей золота и платиноидов / под ред. И. Б. Флерова и В. И. Куторгина. М.: ЦНИГРИ, 1992.- 287 с.
53. Коган И. Д. Подсчет запасов и геологопромышленная оценка рудных месторождений. М.: Недра, 1971. - 296 с.
54. Викентьев В. А., Карпенко И. А., Шумилин М. В. Экспертиза подсчета запасов рудных месторождений. М.: Недра, 1988. - 199 с.
55. Марголин А. М. Оценка запасов минерального сырья. Математические методы. М.: Недра, 1974. - 264 с.
56. Катыхина В.О. Подсчет запасов рудных месторождений. М.: Глобус, 2015. – 284 с.
57. Помнящий В. А. Оценка рудных месторождений. М.: Приор, 2017. - 237 с.
58. Мягков В. Ф. К статистике неопределенных величин при геометризации месторождений // Известия вузов. Горный журнал. 2006. № 1. С. 45–55.
59. Барон Л.И., Кузнецов А.В. Механические и абразивные свойства пород. М.: Мир, 1958. - 408 с.
60. Барон Л.И., Кузнецов А.В. Абразивность горных пород при добычании. М.: АН СССР, 1961. - 168 с.
61. Шнейнер Л.А. Твердость хрупких тел. М.: М.: АН СССР, 1949. - 219 с.
62. Шпайхер Е.Д., Салихов В.А. Геологоразведочные работы и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. СибГИУ. - Новокузнецк, 2002. - 311с.
63. Экономика и управление геологоразведочным производством// Под ред. В.П. Орлова, С.Ж. Даукеева. – Москва - Алматы, 1999. – 248 с.
64. Дадыкин В. С., Синиченков Ю. Г. Оценка минерально-сырьевого потенциала запасов и прогнозных ресурсов в течение жизненного цикла геологоразведочной продукции//Разведка и охрана недр, 2020 - №1. - С.42 - 46.
65. Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н., Рыльникова М.В. Комбинированная геотехнология. - М.: Руда и металлы, 2003. - 560 с.
66. Каждан А.Н., Кобахидзе Л.П. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1985. - 205 с.
67. Arndt N., Kesler S., Ganino C. Metals and Society: An Introduction to Economic Geology. Monograph, Springer. 2015 - 224 p.
68. Рудько Г.И., Исатаева Ф.М., Портнов В.С. Геолого-экономическая оценка запасов полезных ископаемых месторождений Казахстана: международный аспект //Промышленность Казахстана», №3(104) – 2018 - С. 35-39.
69. Yefimenko S.A., Issatayeva F.M., Zhelayeva N.V. Technologies of «on-line» quality control of ores and their processing products at Kazakhmys corporation LLP // Innovetive development of resource-saving technologies for mining. Multi-Authored monograph. – Sofia: St. Ivan Rilski, 2018. - P. 245 – 268.

70. Исатаева Ф.М., Портнов В.С. Роль государства в повышении инвестиционной привлекательности минерально-сырьевого комплекса// Труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова. Томск, Томский политехнический университет. 2018- С. 758-759.

71. Isataeva F.M., Yefimenko S.A. Online monitoring of the content of copper and silver in the ore supplied by gok LLC « Corporation Kaxakhmys» to Zhezkazgan concentrating factories // 2nd International Scientific and Technical Internet Conference «Innovative Development of Resource–Saving Technologies of Mineral Mining and Processing». Book of Abstracts/ - Petrosany. Romania: UNIVERSITAS Publishing. 2019. P. 52–55.

72. Isataeva F.M., Yefimenko S.A. Online control of the content of copper and silver in the ore by the walls of the mines of the mining company «Kaxakhmys corporation» // 2nd International Scientific and Technical Internet Conference «Innovative Development of Resource–Saving Technologies of Mineral Mining and Processing». Book of Abstracts/ - Petrosany. Romania: UNIVERSITAS Publishing. 2019. - P. 47–49.

73. Акылбеков С.А., Алниязов Г.У., Гельдыев Б.В., Ужкенов Б.С. Направление геологоразведочных работ в целях поисков месторождений твердых полезных ископаемых на базе программы Цифровой Казахстан//Геология и охрана недр. - 2019, №3. – С.55 - 59.

74. Караулов В.Б. Наука геология и тектоника плит. М.: ЛЕНАНД, 2019. 200 с.

75. Ярғ Л.А., Житинская О.М. Информационные основы обеспечения оптимальной эксплуатации природно-технических систем «Рудные месторождения»//Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2017 - №5 - С. 78 - 81.

76. Красников В. И. Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1969. - 399 с.

77. Коц Г. А., Чернопяттов С. Ф., Шманенков И. В. Технологическое опробование месторождений. М.: Недра, 1980.- 288 с.

78. Коржнев М.М., Михайлов В.А., Мищенко В.С. Основы экономической геологии. Учебное пособие. М.: Логос, 2006. - 223 с.

79. Унукович А.В., Петрова Н.С. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Учебно-методическое пособие. – Мн.: БГУ, 2016. – 40 с.

80. Русанов Д.К. Экономическая оценка минеральных ресурсов. М., Недра, 1987. -274 с.

81. Ампилов Ю.П., Герт А.А. Экономическая геология. – М.: Геоинформмарк, 2006. – 329 с.

82. Вельмер Ф.В. Экономические оценки месторождений. – К.: Логос, 2001. – 201 с.

83. Рыбкова А.В. Экономическое обоснование освоения месторождений. – М.: Экономика, 2016. – 384с.

84. Каганович С.Я. Экономика минерального сырья. – М.: Недра.- 1975. 216 с.

85. Milkov, Alexei V. Risk tables for less biased and more consistent estimation of probability of geological success (PoS) for segments with conventional oil and gas prospective resources: *Earth Science Reviews*, 2015.- v. 150, P. 453 - 476.
86. Yemez, H. Stigliano, V. Singh and E. Izaguirre. Minimum economic field size estimation and its role in exploration project risks assessment: evaluation of different methodologies. *First Break*. Vol 34, No 4, 2016. - P. 29 - 38.
87. Luo, Y. D., & Tung, R. L. International expansion of emerging market enterprises: A springboard perspective. *Journal of International Business Studies*, 38, 2007 - P. 481 - 498.
88. Maghfouri, S., Rastad, E., Mousivand, F. Stratigraphic position, origin and characteristics of manganese mineralization horizons in the Late Cretaceous volcano-sedimentary sequence, south-southwest of Sabzevar. *Journal of Economic Geology*, 2014, No. 1 (Vol. 6), P. 201 - 216.
89. Лисницкий А.С. Роль финансово-экономического анализа в оценке запасов полезных ископаемых предприятия. М.: Экономика, 2017.- 375 с.
90. Singh, V., Izaguirre, E., Yemez, I. and Stigliano H. Establishing Minimum Economic Field Size and Analysing its Role in Exploration Project Risks Assessment: Three Examples. The 12th Middle East Geosciences Conference and Exhibition. March 7-10, 2016, Manama, Bahrain.
91. Singh, V., Yemez I., Izaguirre E. and Racero A. Optimal Subsurface Appraisal: A Key Link to the Success of Development Projects-Few Examples *American Journal of Applied Sciences*. 2017. Volume 14, Issue 2. P. 217 - 230.
92. Агошков М.И., Борисов С.С., Боярский В.А. Разработка рудных и нерудных месторождений. М.: Недра, 1983. - 424с.
93. Дергачев, А. Л. Финансово-экономическая оценка минеральных месторождений – М.: МГУ, 2000. - 176 с.
94. Рудько Г.И., Дудинов В.А., Бурдейный Т.А., Майборода Е.И., Нецкий А.В., Лагода О.А., Цыбульская О.В. Геолого - экономическая и стоимостная оценка месторождений полезных ископаемых как показатель эффективности инвестиционных проектов. Киев, Экономика, 2013. - 375с.
95. Никифорова Н.В. Промышленная революция Казахстана. Алматы, Экономика, 2017. - 417 с.
96. Рудько Г.И., Мятченко А.В., Исатаева Ф.М., Портнов В.С. Геолого-экономическая оценка запасов месторождений Казахстана//Устойчивое развитие горных территорий, Т.10, №4(38), 2018. - С.471-480.
97. Антохин А.Д. Методы геолого - экономическая оценка запасов месторождений оценки. М.: Эврика. 2015 – 287с.
98. Филиппов, С.А. Определение рациональной полноты извлечения балансовых запасов при разработке рудных месторождений. *Недропользование - XXI век*, 2006 - №1. - С. 61- 65.
99. Брусов А.Р. Промышленность и цифровизация: прошлое и

будущее. Алматы, Глобус, 2018. - 375 с.

100. Rudko G., Kurilo M., Radovanov S. Economic-geological assessment of mineral deposits, Київ, Knowledge, 2011 - 483 p.

101. Мелехин Е.С. К вопросу использования геолого-экономических оценок при обосновании процессов геологического изучения недр // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2017. - № 1. - С. 21 – 24.

102. Бабошин В.А., Белкин Г.А., Неженский И.А. Контроль оценок прогнозных ресурсов рудоносных объектов. Методические рекомендации. Ленинград, 1990. - 104 с.

103. Астахов А.С. Динамические методы оценки эффективности горного производства. - М. : Недра, 1973. - 269 с.

104. Алексейчук Д.С. Отчет о состоянии запасов металлических полезных ископаемых по месторождениям Республики Казахстан». Усть-Каменогорск.: Восток -Алда, 2018. - 57с.

105. Рудько Г.И., Мятченко А.В., Портнов В.С., Исатаева Ф.М. Совершенствование геолого-экономической оценки месторождений Казахстана// Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева, № 2 (80), 2018.- С.22-29.

106. Портнов В.С., Исатаева Ф.М. Методические основы геолого-экономической оценки месторождений Казахстана// Труды университета, Караганда, КарГТУ, №1(70). – 2018.- С.60 - 65.

107. Об утверждении типовых контрактов на недропользование. Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 11 июня 2018 года № 233. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 29 июня 2018 года № 17140.

108. Rudko G.I., Portnov V.S., Isataeva F.M. Technical and economic substantiation of developing Kusmuryr copper deposit// Naukovi Visnik Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, Украина, 2019, № 6, С.19 – 24.

109. О налогах и других обязательных платежах в бюджет (Налоговый кодекс). Кодекс Республики Казахстан от 25 декабря 2017 года № 120-VI. (с изменениями и дополнениями по состоянию на 06.05.2020 г.).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

d, т/м³	d, т/м³
Cu	S
0,23	-0,18

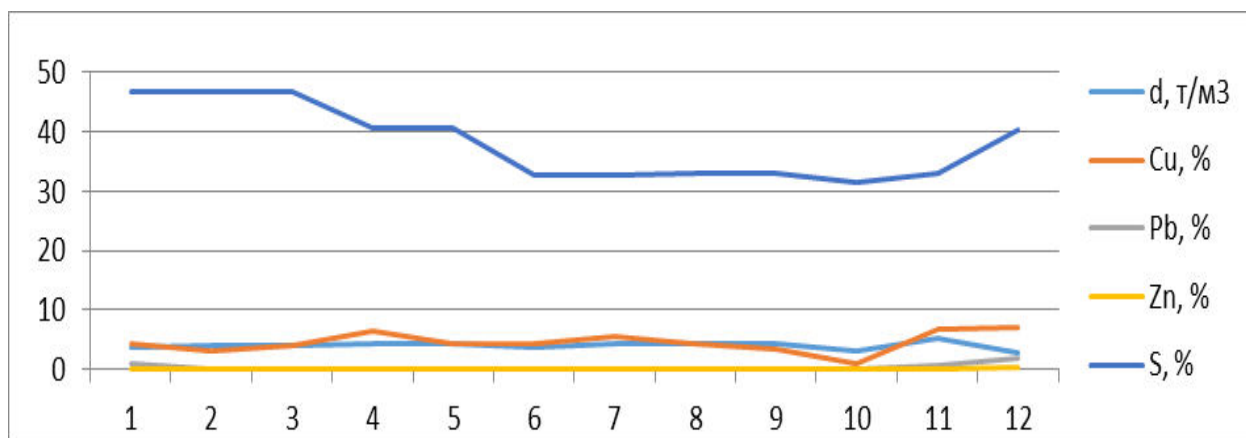


Рисунок А1 – Распределения содержаний основных полезных компонентов и объемной массы по типам руд месторождения с учетом серы

d, т/м³	d, т/м³
Cu	S
-0,35	0,81

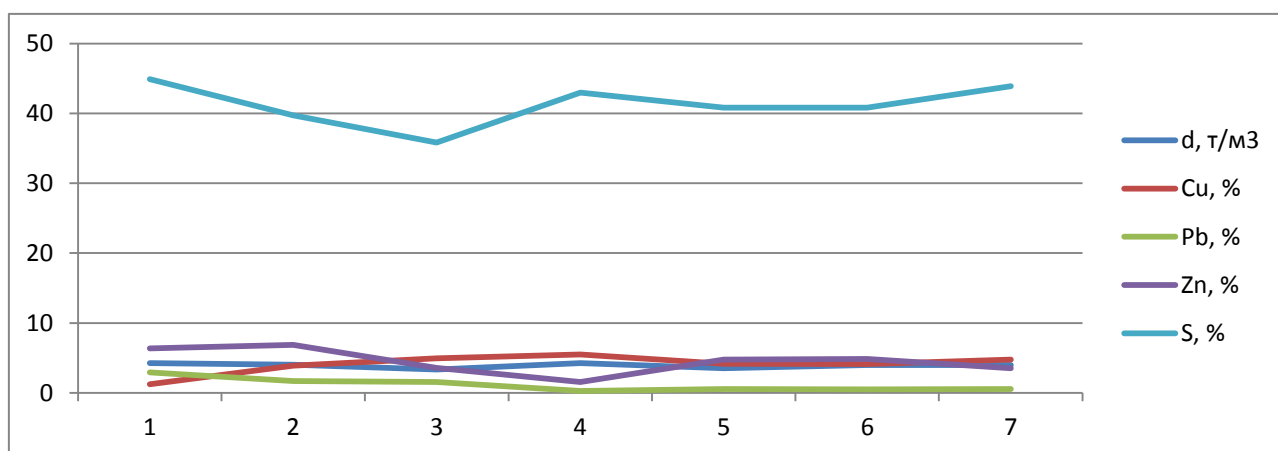


Рисунок А2– Распределения содержаний основных полезных компонентов и объемной массы по типам руд месторождения с учетом серы

d, т/м³	d, т/м³
Cu	S
-0,35	0,46

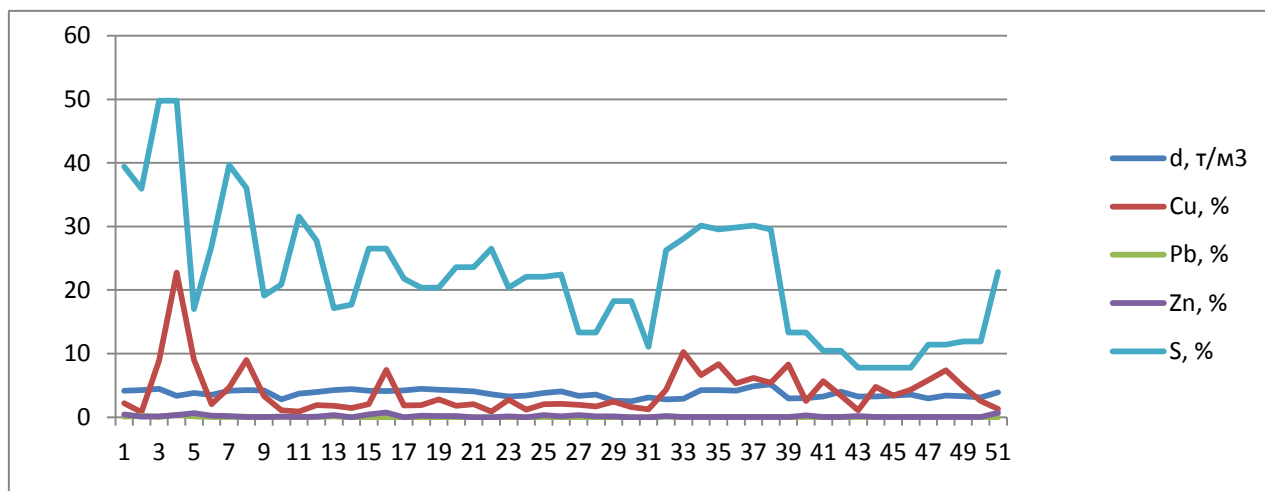


Рисунок А3 – Распределения содержаний основных полезных компонентов и объемной массы по типам руд месторождения с учетом серы

d, т/м³	d, т/м³	d, т/м³	d, т/м³	Cu	Zn
Cu	S	Pb	Zn	S	S
-0,35	0,46	0,03	0,12	0,40	0,17

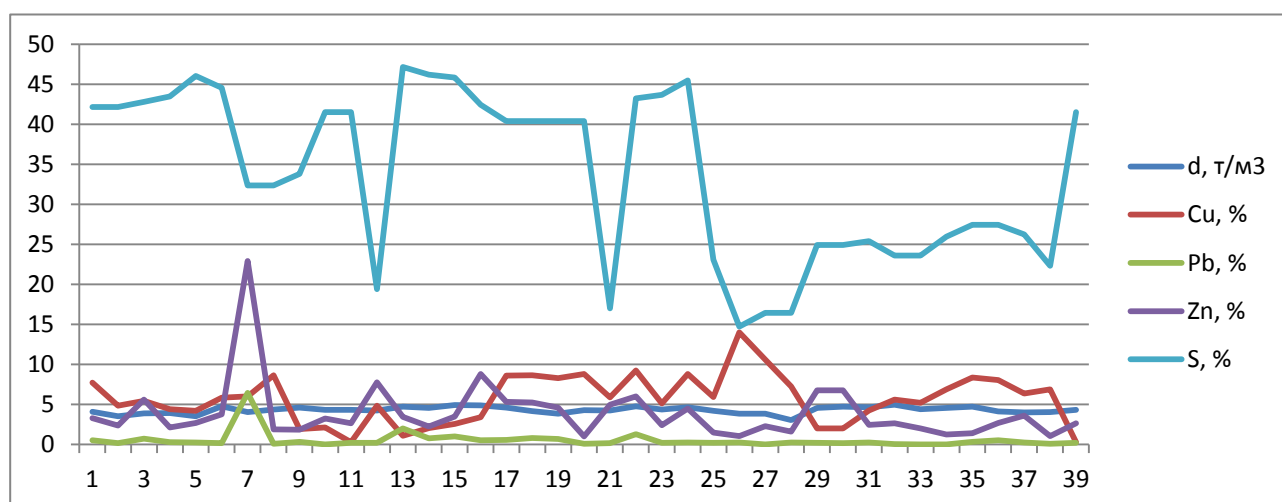


Рисунок А4 – Распределения содержаний основных полезных компонентов и объемной массы по типам руд месторождения с учетом серы

d, т/м³	d, т/м³	d, т/м³	d, т/м³	Cu	Zn
Cu	S	Pb	Zn	S	S
0,14	-0,10	-0,29	0,13	-0,09	0,31

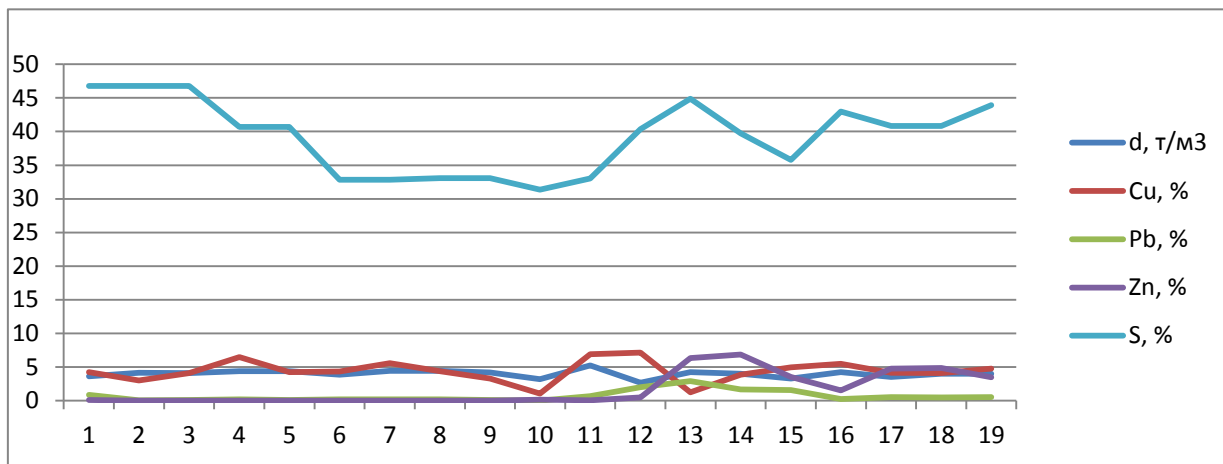


Рисунок А5– Распределения содержаний основных полезных компонентов и объемной массы по типам руд месторождения с учетом серы

d, т/м³	d, т/м³	d, т/м³	d, т/м³	Cu	Zn
Cu	S	Pb	Zn	S	S
0,04	0,51	0,16	0,32	0,21	0,34

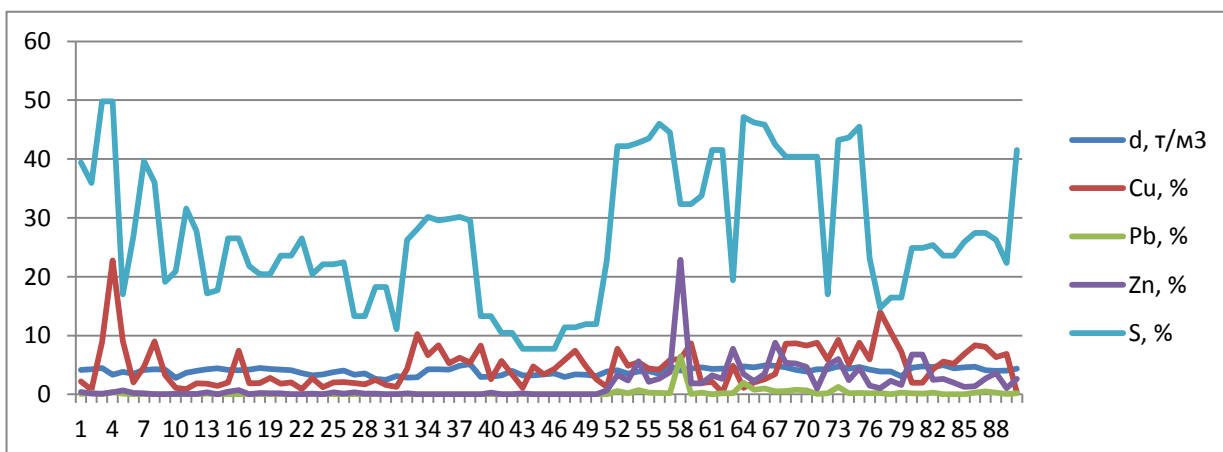


Рисунок А6 – Распределения содержаний основных полезных компонентов и объемной массы по типам руд месторождения с учетом серы

d, т/м³	d, т/м³	d, т/м³	d, т/м³	Cu	Zn
Cu	S	Pb	Zn	S	S
-0,09	0,03	-0,11	0,11	-0,35	0,05

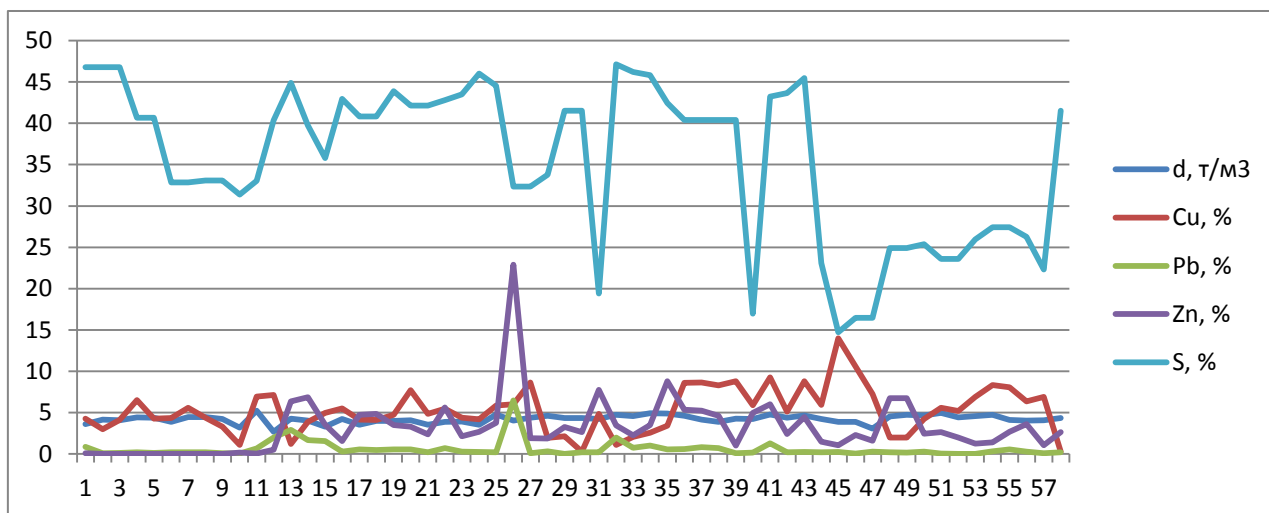


Рисунок А7 – Распределения содержаний основных полезных компонентов и объемной массы по типам руд месторождения с учетом серы

d, т/м³	d, т/м³	d, т/м³	d, т/м³	Cu	Zn
Cu	S	Pb	Zn	S	S
-0,20	0,11	-0,06	0,04	-0,37	0,07

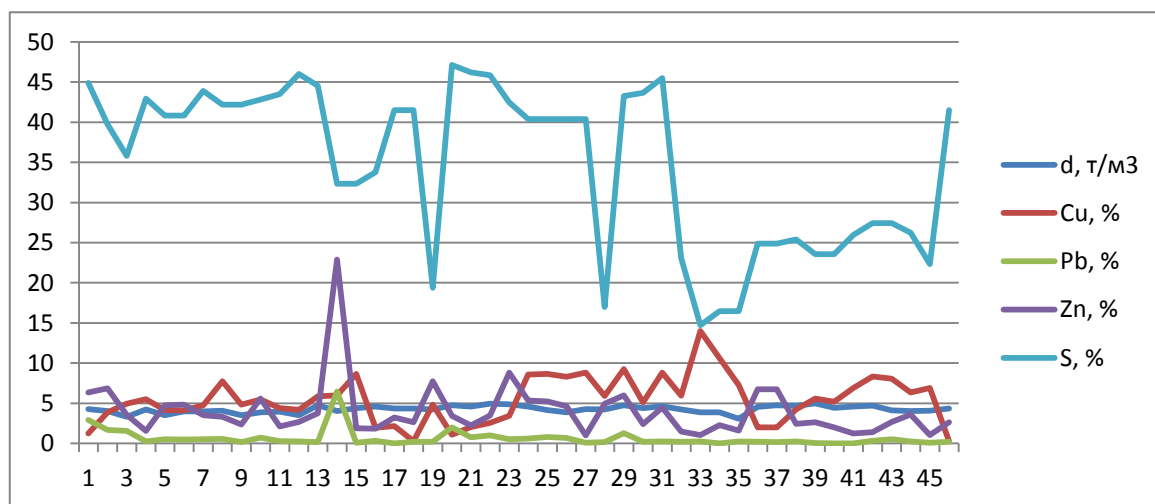


Рисунок А8 – Распределения содержаний основных полезных компонентов и объемной массы по типам руд месторождения с учетом серы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица 4.8 - Календарный график добычи

[illegible]

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица 4.10 - Расчет стоимости товарной продукции

Показатели	Ед.изм.	Годы эксплуатации																																							Всего		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		39	
Всего товарной руды	тыс. тонн	0	700	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	38 699,99
Медь	тыс.т		22,24	31,77	31,77	28,61	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	23,22	927,09
Золото	т		1,24	1,77	1,77	1,33	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	26,60		
Серебро	т		14,31	20,44	20,44	17,47	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	12,39	506,41		
Цинк	тыс.т		11,03	15,75	15,75	11,70	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	4,77	221,17		
Извлечение меди в Cu концентрат	%		60,0	60,0	60,0	75,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0
Извлечение золота в Cu концентрат	%		60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Извлечение серебра в Cu концентрат	%		70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Выход медного концентрата	%		5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	
Производство медного концентрата	тыс. т		38,2	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6
Производство меди в Cu концентрате	тыс. т		13,3	19,1	19,1	21,5	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	804,36
Производство золота в Cu концентрате	т		0,74	1,06	1,06	0,80	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	15,96	
Производство серебра в Cu концентрате	т		10,02	14,31	14,31	12,23	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	354,49	
Извлечение из концентрата в катодную медь на БМЗ	%		95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6	
Извлечение золота на БМЗ	%		95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	
Извлечение серебра на БМЗ	%		93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	93,0	
Производство катодной меди	тыс. т		12,8	18,2	18,2	20,5	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	768,97	
Производство золота	т		0,71	1,01	1,01	0,76	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	15,16		
Производство серебра	т		9,31	13,31	13,31	11,37	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	329,67	
Выход цинкового концентрата	%		3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6		
Производство цинкового концентрата	тыс. т		24,9	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	
Извлечение цинка в Zn концентрат	%		42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0</																																	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица 4.11 - Расчет Capex

Показатели	Ед.изм.	Годы эксплуатации																																					Всего						
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		37	38	39			
ГРП (доразведка)	тыс. \$	4 200																																											4 200
Горизонтальные выработки	тыс. \$	9 027	10 712	7 588	6 782	5 207	3 795	5 314	5 314	5 316	5 201	5 151	3 555	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 500	5 000	5 000	3 750	3 750	2 500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97 459	
Вертикальные выработки	тыс. \$	2 880	30 092	17 786	-	-	-	2 378	-	-	-	-	4 234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 000	-	-	-	-	3 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62 370
Строительство поверхностных объектов	тыс. \$		7 320	30 976	39 544																																							77 840	
Ствол	тыс. \$			5 000	11 224	6 598																																						22 822	
Конвейер	тыс. \$				26 752			2 500			3 000			3 000			3 000			3 000			3 000			3 000			3 000			3 000			3 000			3 000			3 000			59 252	
Приобретение ГШО	тыс. \$			8 000	17 437	4 012						30 000						30 000						30 000						30 000						30 000								179 449	
ИТОГО CAPEX	тыс. \$	16 107	48 124	69 350	101 739	15 817	3 795	10 192	5 314	5 316	8 201	35 151	7 789	3 000	-	-	3 000	30 000	-	3 000	-	-	9 500	35 000	5 000	6 750	3 750	5 500	3 000	30 000	-	3 000	-	-	3 000	30 000	-	3 000	-	-	-	-	-	503 392	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица 4.12 - Геолого-экономическая модель разработки месторождения Кузмурын (с учетом пересчета запасов по результатам доразведки)

[illegible]

Кумулятивный денежный поток	тыс. \$	- 34 160,5	- 29 088,4	- 18 507,2	- 33 927,7	29 924,9	51 914,2	67 506,4	87 976,4	108 444,4	126 027,6	116 660,4	134 655,3	157 439,1	183 222,8	209 006,6	231 790,3	227 574,0	253 357,8	276 141,5	301 925,3	327 709,0	343 992,7	334 776,5	355 560,2	374 594,0	396 627,7	416 911,4	439 695,2	435 478,9	461 262,6	484 046,4	509 830,1	535 613,9	558 397,6	554 181,3	579 965,1	602 748,8	628 532,6	654 316,3	680 100,0						
Значения дисконтного фактора:																																															
- ставка дисконта, %	10,0%	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
- ставка дисконта, %	15,0%	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- ставка дисконта, %	20,0%	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Дисконтированный денежный поток																																															
- при ставке дисконта 10%		- 34160,5	4 611,0	8 744,8	- 11585,7	43612,2	13653,6	8 801,4	10504,3	9 548,5	7 457,0	-3611,5	6307,1	7 259,6	7468,6	⁶ 789,7	5 454,2	- 917,6	5 101,2	4 097,9	4 215,8	3 832,6	2 200,4	- 1 132,2	2 321,1	1 932,4	2 033,6	1 701,9	1 737,9	- 292,4	1 625,4	1 305,7	1 343,3	1 221,2	981,0	- 165,0	917,5	737,0	758,3	689,3	626,7						
- при ставке дисконта 15%		- 34160,5	4 410,5	8 000,9	- 10139,3	36508,0	10932,5	6 741,0	7 695,4	6 691,0	4 998,3	-2315,4	3867,9	4 258,4	4190,6	³ 644,0	2 800,0	- 450,6	2 396,0	1 841,0	1 811,7	1 575,4	865,2	- 425,8	835,0	664,9	669,3	535,8	523,3	- 84,2	447,8	344,1	338,6	294,5	226,3	- 36,4	193,6	148,8	146,4	127,3	110,7						
- при ставке дисконта 20%		- 34160,5	4 226,8	7 348,1	- 8923,9	30793,1	8 837,0	5 221,8	5 712,8	4 760,2	3 407,7	-1512,9	2421,9	2 555,3	2409,8	² 008,2	1 478,8	- 228,0	1 162,2	855,8	807,1	672,5	354,0	- 166,9	313,7	239,4	231,0	177,2	165,9	- 25,6	130,3	96,0	90,5	75,4	55,5	- 8,6	43,7	32,1	30,3	25,3	21,1						
Накопленный дисконтированный денежный поток																																															
- при ставке дисконта 10%		- 34160,5	- 29 549,5	- 20 804,7	- 32390,4	11221,8	24875,4	33676,8	44181,2	53729,7	61186,7	57575,2	63882,3	71141,9	78610,5	⁸⁵ 400,2	⁹⁰ 854,5	⁸⁹ 936,9	⁹⁵ 038,1	⁹⁹ 135,9	¹⁰³ 351,8	¹⁰⁷ 184,3	¹⁰⁹ 384,8	¹⁰⁸ 252,6	¹¹⁰ 573,7	¹¹² 506,1	¹¹⁴ 539,7	¹¹⁶ 241,6	¹¹⁷ 979,5	¹¹⁷ 687,2	¹¹⁹ 312,6	¹²⁰ 618,3	¹²¹ 961,6	¹²³ 182,7	¹²⁴ 163,7	¹²³ 998,7	¹²⁴ 916,2	¹²⁵ 653,2	¹²⁶ 411,5	¹²⁷ 100,8	¹²⁷ 727,5						
- при ставке дисконта 15%		- 34160,5	- 29 750,0	- 21 749,0	- 31888,3	4 619,7	15552,2	22293,1	29988,6	36679,6	41677,8	39362,4	43230,3	47488,7	51679,3	⁵⁵ 323,3	⁵⁸ 123,3	⁵⁷ 672,7	⁶⁰ 068,7	⁶¹ 909,8	⁶³ 721,5	⁶⁵ 296,8	⁶⁶ 162,0	⁶⁵ 736,2	⁶⁶ 571,2	⁶⁷ 236,1	⁶⁷ 905,5	⁶⁸ 441,3	⁶⁸ 964,6	⁶⁸ 880,4	⁶⁹ 328,2	⁶⁹ 672,3	⁷⁰ 010,9	⁷⁰ 305,4	⁷⁰ 531,6	⁷⁰ 495,2	⁷⁰ 688,8	⁷⁰ 837,6	⁷⁰ 984,0	⁷¹ 111,3	⁷¹ 71 222,0						
- при ставке дисконта 20%		- 34160,5	- 29 933,7	- 22 585,7	- 31509,6	- 716,5	8 120,5	13342,3	19055,1	23815,3	27223,1	25710,2	28132,1	30687,5	33097,3	³⁵ 105,5	³⁶ 584,3	³⁶ 356,3	³⁷ 518,4	³⁸ 374,2	³⁹ 181,3	³⁹ 853,8	⁴⁰ 207,8	⁴⁰ 040,8	⁴⁰ 354,5	⁴⁰ 594,0	⁴⁰ 824,9	⁴¹ 002,1	⁴¹ 168,0	⁴¹ 142,4	⁴¹ 272,7	⁴¹ 368,7	⁴¹ 459,2	⁴¹ 534,7	⁴¹ 590,2	⁴¹ 581,7	⁴¹ 625,3	⁴¹ 657,5	⁴¹ 687,8	⁴¹ 713,0	⁴¹ 41 734,1						
Чистая современная стоимость (NPV)																																															
при @=15%	тыс. \$	61 932,2																																													
при @=30%	тыс. \$	9 356,5																																													
Срок окупаемости	лет	3,5																																													

