

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра Горное дело

Галимжанов Дамир Ринатович

Разработка подкарьерных запасов на примере АО «Altyntau Kokshetau»

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

7M07203 – Горная инженерия

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

УДК 622.271

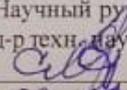
На правах рукописи

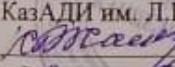
Галимжанов Дамир Ринатович

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

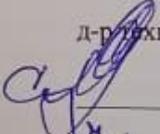
Название диссертации	<u>Разработка подкарьерных запасов на примере АО «Altyntau Kokshetau»</u>
Направление подготовки	<u>7M07203 – «Горная инженерия»</u>

Научный руководитель  
д-р техн. наук, профессор  
 Юсупов Х. А.  
« 29 » 06 2024 г.

Рецензент,  
PhD, Ассоциированный профессор,  
кафедры «Транспортное строительство  
и производство строительных материалов»  
КазАДИ им. Л.Б. Гончарова  
 Жанақова Р.К.  
« 20 » 06 2024 г.

Нормоконтроль  
ведущий инженер  
 Мендекинова Д.С.  
« 19 » 06 2024 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»  
Горно-металлургический институт  
им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой ГД  
 Молдабаев С.К.  
д-р техн. наук, профессор  
« 20 » 06 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра Горное дело

7M07203 – «Горная инженерия»



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ГД

Др. техн. наук, профессор

Моллабаев С.К.

2024г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Галимжанов Дамир Ринатович

Тема Разработка подкарьерных запасов на примере АО «Altyntau Kokshetau»

Утверждена приказом № 408 от «20» 11 2024г.

Срок сдачи законченной диссертации «15» ноября 2024г.

Магистранту Галимжанов Дамир Ринатович

Тема Разработка подкарьерных запасов на примере АО «Altyntau Kokshetau»

Утверждена приказом №408-П от «23» ноября 2022 г.

Срок сдачи законченной диссертации «    » 2024г.

Исходные данные к магистерской диссертации:

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

а) Изучение геологии Васильковского месторождения

б) Разработка Васильковского месторождения открытым способом

в) Разработка подкарьерных запасов на примере Васильковского месторождения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Рекомендуемая основная литература:

1) Крупник Л.А., Юсупов Х.А., Абен Х.Х. Рынок золота: состояние и перспективы // Горный журнал Казахстана. – 2016. - №1. – С. 5-9.

2) Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы. Утверждены приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года, №352.

3) Практический курс комбинированной разработки рудных месторождений: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Подземная разработка месторождений полезных ископаемых" направления подготовки "Горное дело" / Д. М. Казикаев. - Изд. 2-е, стер. - Москва : Горная кн., 2012. – 188 с.

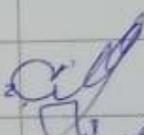
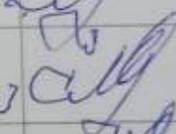
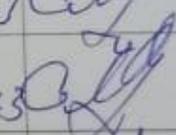
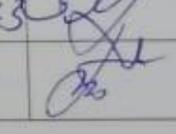
### ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Изучение геологии Васильковского месторождения	25.02.2023	
Разработка Васильковского месторождения открытым способом	31.06.2023	
Разработка подкарьерных запасов на примере Васильковского месторождения	15.09.2023	

### Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф.(уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Изучение геологии Васильковского месторождения	профессор Юсупов Х.А.	25.02.23	
Разработка Васильковского месторождения открытым способом	профессор Юсупов Х.А.	31.06.2023	
Разработка подкарьерных запасов на примере Васильковского месторождения	профессор Юсупов Х.А.	15.09.2023	
Нормконтроллер	ведущий инженер Мендикинова Д.С.	19.10.24	

Научный руководитель \_\_\_\_\_

Юсупов Х.А.

Задание принял к исполнению обучающийся \_\_\_\_\_

Галимжанов Д.Р.

Дата \_\_\_\_\_

## АНДАТПА

Осы магистрлік жобада "Altyntau Kokshetau "АҚ мысалында мансаптық қорларды әзірлеу" тақырыбы таңдалды

1. Жұмыста келесі міндеттер ашылды:

- уақыт бойынша жұмыс сипаты, жүктерді жылжыту тәсілі, айналу радиустары, тасымалдаудың жылдық көлемі, тасымалдаудың ұтымды арақашықтығы және карьерден Жүкті көтеру тереңдігі, тасымалданатын тау жынысы бөлігінің максималды мөлшері және негізгі сипаттамалары мен параметрлері болып табылатын көлік құралдарын жүйелеу;

- жабдықтың түрлері мен түрлері, конструктивтік параметрлері, тұтынылатын қуаты, өнімділігі, қолдану шарттары, дайындаушы зауыттар, сабақтас процестердің жабдықтарымен үйлесуі көрсетілген терең карьерлердің тік бортында қолдануға арналған құрама көлік кешендерінің көтергіш-көлік жабдықтарын жүйелеу;

2. Аса терең темір рудалы карьерлер үшін аралас автомобиль-конвейерлік-темір жол тасымалдау схемасына көшу кезінде оларды тиімді пайдалану шекараларын белгілеуге мүмкіндік беретін енгізу тереңдігі мен конвейерлік көлікті оңтайландырудың экономикалық-математикалық моделі әзірленді.

## АННОТАЦИЯ

В данном магистерском проекте выбрана тема «Разработка подкарьерных запасов на примере АО «Altyntau Kokshetau»»

1. В работе были раскрыты следующие задачи:

- систематизация транспортных средств, отличительными признаками которой являются характер работы во времени, способ перемещения грузов, радиусы поворота, годовой объем перевозок, рациональные расстояния транспортирования и глубина подъема груза из карьера, максимальный размер транспортируемого куска породы и основные характеристики и параметры;

- систематизация подъемно-транспортного оборудования комбинированных транспортных комплексов для применения на крутых бортах глубоких карьеров, в которой отражены виды и типы оборудования, конструктивные параметры, потребляемая мощность, производительность, условия применения, заводы-изготовители, сочетание с оборудованием смежных процессов;

2. Разработана экономико-математическая модель оптимизации глубины ввода и конвейерного транспорта, позволяющая установить границы их эффективного применения, при переходе на комбинированную автомобильно-конвейерно-железнодорожную схему транспортирования для сверхглубоких железорудных карьеров.

## ABSTRACT

In this master's project, the topic "Development of subcarrier reserves on the example of Altyntau Kokshetau JSC" was chosen

1. The following tasks were revealed in the work:

- systematization of vehicles, the distinguishing features of which are the nature of work in time, the method of moving goods, turning radii, annual traffic volume, rational transportation distances and depth of lifting cargo from the quarry, the maximum size of the transported piece of rock and the main characteristics and parameters;

- systematization of lifting and transport equipment of combined transport complexes for use on steep sides of deep quarries, which reflects the types and types of equipment, design parameters, power consumption, productivity, conditions of use, manufacturers, combination with equipment of related processes;

2. An economic and mathematical model has been developed to optimize the depth of entry and conveyor transport, which allows to establish the boundaries of their effective use when switching to a combined automobile-conveyor-railway transportation scheme for ultra-deep iron ore quarries.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	
1. Геология васильковского месторождения	12
1.1. Общие сведения	12
1.2. Краткое описание видов погрузчиков	14
1.3. Геологическая изученность месторождения	16
1.4. Выводы по первой главе	21
2. РАЗРАБОТКА ВАСИЛЬКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДО 540 М ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ	23
2.1 Инженерно-геологические условия освоения месторождения открытым способом	23
2.3 Обогащение руды Васильковского месторождения	31
2.4 Выводы по второй главе	35
3. Разработка подкарьерных запасов Васильковского месторождения до 800 м	36
3.1 Изучение мирового опыта разработки подкарьерных запасов	36
3.2 Выбор системы разработки	37
3.3 Вскрытие и подготовка месторождения	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	74

## ВВЕДЕНИЕ

Горнодобывающая промышленность является основой промышленного потенциала многих стран и в значительной степени определяет экономические показатели других отраслей.

Интенсивная отработка месторождений за последние 20-25 лет привела к истощению запасов с благоприятными горно-геологическими условиями. В связи с ростом глубины разработки, ухудшением горнотехнических и горногеологических условий, снижением содержаний полезных компонентов, ужесточением экологических требований и т.д. возникает проблема поиска вариантов эффективной разработки месторождений.

**Основание и исходные данные для разработки темы:** Основанием для разработки темы является потребность и необходимость доработки запасов Васильковского месторождения. В современных условиях производства одной из главных задач любого предприятия является повышение эффективности транспортного процесса при минимальных расходах.

В диссертации на основании анализа научно-технической литературы и полученных статистических данных на карьерерах приняты исходные данные для разработки темы диссертации.

**Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы:** Анализ практики применения комбинированной геотехнологии по отечественным и зарубежным рудникам, показал, что наибольшее число рудников, осуществляющих комбинированную отработку запасов, приходится на предприятия по разработке руд цветных металлов и алмазов - 60%; около 16% предприятий ведут добычу железных руд; более 10% рудников разрабатывают месторождения нерудного сырья (известняк, строительный камень, асбест, магнезит); 7,4% предприятий добывают урановые руды. При этом 60-65% рудников осуществляют добычу подкарьерных запасов, находящихся ниже отметки дна карьера, и 15-18% предприятий разрабатывают прибортовые запасы.

При комбинированной отработке месторождений в основании и бортах карьеров, остаются запасы руды, которые обрабатывать открытым способом не рентабельно. Рудные зоны характеризуются сложной морфологией: невыдержанность контактов, сложные границы выклинивания рудных зон, непостоянность углов падения, растянутость рудных участков по простиранию и высоте бортов. Отработку таких рудных участков ведут подземным или открыто-подземным способами. При выполнении работы использовался комплексный метод исследований, включающий анализ и научное обобщение научно-технической информации, статистическую обработку опыта в доработке запасов.

На основании анализа исследований рассмотрена эффективность использования новых технических решений направленных на повышение производительности карьерного автомобильного транспорта. В диссертации приведены результаты научного анализа современного состояния научно-

технической проблемы и содержание полученных результатов по доработке запасов. В диссертационной работе планируется разработка технологии отработки подкарьерных запасов, обеспечивающей наиболее полное извлечение из недр 5 полезных ископаемых, безопасность, экологичность и экономичность горных работ.

**Актуальность темы:** По данным компании «NaturalResourceHoldings», в мире сегодня насчитывается 580 довольно больших месторождений золота с общими запасами 3,72 млрд. унций, при среднем содержании золота 1,01 грамма на тонну руды. Эти объекты принадлежат 312 компаниям, включая государственные, частные и спонсируемые правительством корпорации, 261 месторождение принадлежит независимым горнодобывающим юниорам [1]. Анализ рынка развития добычи и разведки золота за последние 25 лет в мире показывает, что тенденции одинаковы как на увеличение, так и на уменьшение производства золота. Географическая структура добычи золота в мире за последние три десятилетия сильно изменилась. Крупнейшими производителями стали Китай, Австралия, Россия и США. При том, что цена золота в долларах на рынке упала на 6% в 2015 году, она в действительности выросла в валютах 17 из 20 ведущих золотодобывающих стран. Несмотря на существенное падение цены на золото в 2013 году, объем первичной добычи металла продолжает расти.

**Новизна темы** заключается в установлении новых закономерностей влияния технико-экономических факторов на доработку подкарьерных запасов.

**Научная новизна исследований:** Установлен вектор оптимальных параметров рационального закрепления имеющегося количества погрузчиков различных типов за экскаваторами, обеспечивающих минимальные потери времени.

Разработан новый комплекс для осуществления погрузки, содержащий шарнирно закрепленные на кузове автосамосвала телескопические гидродомкраты соответствующей грузоподъемности, которые позволяют повысить эффективность работы экскаваторно-автомобильного комплекса с имеющимся транспортным автомобильным парком.

Установлены комплексные зависимости производительности погрузчиков от расстояния транспортирования, скорости движения и времени, затрачиваемого на выполнение операций загрузки-разгрузки самосвала, подъезда под погрузку, разгрузку, ожидания погрузки.

На основании исследований предложена рациональная структура парка погрузчиков, позволяющая оптимизировать в комплексе всю систему перевозки горной массы автомобильным транспортом, а также оптимизировать параметры экскаваторной загрузки погрузчиков, что позволяет повысить ресурс шин в 1,5-2 раза, а опорных металлоконструкций автосамосвала в 1,5-2,5 раза.

Цель диссертационного исследования состоит в доработке запасов Васильковского месторождения

**Объект исследования** – Добыча золотосульфидных руд на Васильковском месторождении.

**Предмет исследования** – Разработка подкарьерных запасов Васильковского месторождения.

**Задачи исследования, их место в выполнении научно-исследовательской работы в целом:**

- теоретическое исследование и обоснование влияния эксплуатационно-организационных условий работы карьера на производительность карьерных погрузчиков;

- экспериментальное установление основных характеристик грузовых потоков карьеров, оценка теоретического и фактического времени рейса, выявление простоев погрузчиков на разрезах Качарского карьера;

- развитие технологий определения параметров статического и динамического нагружения металлоконструкций карьерных погрузчиков в процессе погрузки отгружаемой взорванной горной массы с помощью моделирования;

- разработка методики оптимизации перевозок горнорудной массы и состава парка погрузчиков с учетом технологических параметров карьера, долговечности и живучести металлоконструкций погрузчиков при погрузке горной массы.

Поставленные задачи последовательны и логичны, определяют внутреннее единство научно-исследовательской работы в целом.

**Методологическая база научных исследований.**

При выполнении научных исследований использовались анализ и обобщение научно-технической информации, методы математической статистики для обработки экспериментальных данных и технико-экономический анализ различных вариантов технологий. В ходе лабораторных работ использовано теоретическое обобщение экспериментальных данных, рентгенофазовый метод изучения минералогических характеристик образцов kernового материала горных пород и седиментообразующих компонентов. Экспериментальные работы на геотехнологических скважинах подтвердили результаты, полученные с использованием разработанной методики испытаний. Он предполагает сбор и мониторинг данных, мониторинг совершенствования технологии выемочно-погрузочных работ на Васильковском карьере с применением погрузчиков.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

1. Выбор оптимальной стратегии формирования горнотранспортной системы глубоких карьеров достигается на основе динамической экономико-математической модели, включающей с позиции системного подхода взаимосвязи параметров карьерного транспорта с изменяющимися в процессе эксплуатации горнотехническими условиями и параметрами карьера;

2. В условиях открытой разработки золоторудных месторождений с мощной толщей покрывающих плотных пород (до 160 м) эффективность функционирования горнотранспортной системы с глубины 300-350 м

обеспечивается при переходе на комбинированный автомобильно-конвейерно-железнодорожный вид транспорта с использованием крутонаклонных конвейеров с высотой подъема руды до 315 м, а пород скальной вскрыши – до 270 м;

3. Для условий сверхглубоких железорудных карьеров, на примере Качарского, на основе экономико-математической модели установлены границы эффективного применения по глубине видов внутрикарьерного транспорта: оптимальная глубина ввода транспорта при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте ограничивается 149м, а погрузчика при комбинированном автомобильно-конвейерно-железнодорожном транспорте с использованием крутонаклонных конвейеров – 344 м.

#### **Научная новизна:**

Установлена статистически значимая связь между степенью соединения подземного и карьерного выработанных пространств и характеристиками объекта.

#### **Практическая значимость работы.**

Для условий доработки Качарского карьера установлены оптимальные параметры разработки комбинированным способом. Рекомендуется перейти с открытого на подземный способ добычи на 480 м.

#### **Личный вклад автора.**

#### **Публикации и апробация работы.**

По теме диссертации опубликовано 1 научная статья:

#### **Структура и объем диссертации.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации составляет 49 страниц машинописного текста, 18 таблиц, 5 рисунков, списка литературы, включающих 13 наименований.

# **1 Геология васьковского месторождения**

## **1.1 Общие сведения**

Месторождение расположено в 17км к северу от г. Кокшетау, центра Акмолинской области Республики Казахстан. Район экономически освоен, имеет хорошо развитую инфраструктуру (рисунок 1.1).

В настоящее время к промплощадке подведена железнодорожная ветка, имеются автомобильные дороги с твердым покрытием республиканского значения.

Электроснабжение предприятия будет осуществляется по ЛЭП-1100 (Экибастуз - Центр), подстанция «Еленовка».

Водоснабжение будет обеспечено из трех источников. Карьерные подземные воды и городские очистные пруды будут использованы для технического водоснабжения. Сергиевский водовод обеспечит предприятие питьевой водой. Строительство необходимых водоводов начато.

Васьковский ГОК обеспечен рабочей силой за счет населения областного центра. На этапе строительства привлечены подрядные организации, выполняющие строительные-монтажные работы под ключ.

На участке месторождения построены административно-бытовой комплекс, лаборатория, механические мастерские и все производственные здания, обеспечивающие проведение добычи. Ведется строительство перерабатывающего комплекса и хвостохранилища.

В период 1980-86гг. начата опытная отработка запасов карьером, руды частично перерабатывались на опытной фабрике, а в основном - складировались. В связи со сложной экономической ситуацией в Республике добыча руд была приостановлена, она вновь возобновилась в 1995г. и продолжалась до конца 2007 года. Извлечение золота из руд проводилось по технологии кучного выщелачивания. Глубина отработки достигла горизонта 175м (60м от поверхности) [1].

Рельеф равнинный, относительные превышение не более 5-10 метров, абсолютная отметка 235 метров.

В районе протекает небольшая речка Чаглинка, известны несколько озер и водохранилищ.

Климат резко континентальный, засушливый, максимальный перепад температур от -40С зимой до +40С, при среднегодовой +2,10С. Зимний период длится 5 месяцев, продолжительность безморозного периода составляет 4.1 месяца.

По территории района за год выпадает 314 мм осадков, они распределяются неравномерно. Наибольшее количество осадков выпадает в летние месяцы – июнь-август, наименьшие за декабрь-март. (справка № 91 от 21.06.2007г, - «Гидрометеорологические условия района площадки АО «Васьковский» ГОК», выдана Республиканским государственным

предприятием «Казгидромет»).

Сейсмическая активность района строительства 5 баллов по СНиП РК 2.03-30-2006г, лавины, карсты и т.д. отсутствуют. Вероятность значительных землетрясений очень низкая.

Фауна Зерендинского района типично степная, характеризующаяся определенным своеобразием. Наличие пойменных лесов и степных озер значительно обогащает территорию дендрофильными, водоплавающими и околводными видами животных. На описываемой территории установлено пребывание: рыб - 30 видов, земноводных - 3, пресмыкающихся - 8, птиц - 180, млекопитающих - 55 видов. Фауна беспозвоночных богата и разнообразна.

На территории проектируемых объектов памятники, состоящие на учете в органах охраны памятников Комитета культуры РК, имеющие архитектурно-художественную ценность и представляющие научный интерес в изучении народного зодчества Казахстана, отсутствуют.

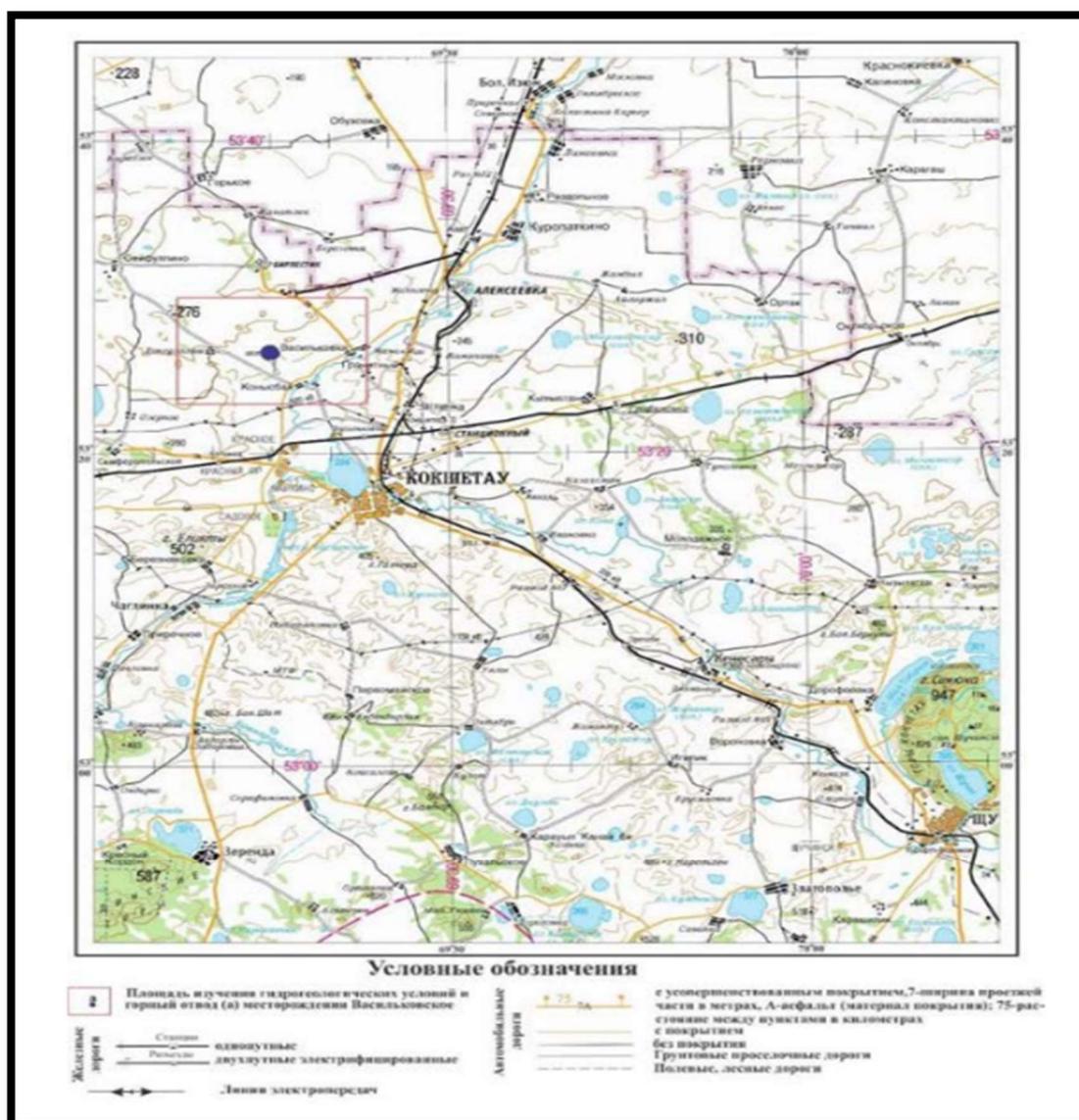


Рисунок 1.1 – План местности

## 1.2 Краткое описание месторождения

Месторождение Васильковское относится к типу золото-кварцевых прожилковых штокверковых зон в интрузивных телах и экзоконтактовых зонах.

Месторождений такого типа в мире немного, к аналогам можно отнести такие месторождения: Кочкарь, Березовское, Дарасун, Сарала (Россия), возможно – Аксу, Степняк, (Казахстан), Сигма-Ламакви, Керкленд Лейк (Канада), Грас-Вэлли, Сентрал Сити (США), Морнинг Стар, Чартерес- Таурс (Австралия), Глоб-Феникс (Зимбабве).

Васильковское рудное поле приурочено к Донгульгагашской зоне разрывных нарушений СЗ простирания на участке сопряжения ее с северо-восточными разломами (Васильковская зона разломов). Два таких разлома ограничивают рудное поле с северо-запада и юго-востока, юго-западной границей его является Донгульгагашская тектоническая зона.

Месторождение залегает в области эндо-экзоконтакта гранитоидного массива зерендинского комплекса, прорывающего метаморфические породы докембрия. Между вмещающими породами и интрузией имеется переходная зона или зона гибридных (перемежаемых) пород, занимающая 20-30% площади месторождения. Она представлена габбро-диоритами, кварцевыми диоритами и микродиоритами.

Наибольшим распространением пользуются порфиробластовые кварцево-полевошпатовые метасоматиты, развитые по породам габбро-диоритового состава на участках развития кислых даек. Метасоматиты являются благоприятной средой для золоторудной минерализации.

На глубоких горизонтах месторождения и рудного поля (400-500м) вскрыты кварцевые диориты, диориты и габбро-диориты, которые рядом исследователей относятся к степнякскому золоторудному комплексу. С этим комплексом парагенетически связаны основные месторождения золота Северного Казахстана [2].

В более детальном плане структура месторождения определяется наличием сколовых (наклонных и крутых) трещин северо-западного и субмеридианального направлений и отрывных крутопадающих трещин северо-восточного (15-350) направления. Крутопадающие трещины вмещают основную массу кварцевых жил и прожилков с рудной (арсенопирит, пирит), в том числе и золотой, минерализацией. Сколовые, преимущественно наклонные трещины, играют экранирующую роль.

Промышленная концентрация золота тяготеет к зонам развития прожилковых руд, сложенных серией сближенных прожилков кварцевого, кварц-арсенопиритового и арсенопиритового состава. Прожилково-вкрапленные руды играют подчиненную роль. Для них характерна гнездовая вкрапленность арсенопирита. Распределение золота в этом типе руд крайне неравномерное. Вкрапленные руды образуют внешний ореол вокруг прожилковых и прожилково-вкрапленных. Рудный штокверк в плане имеет

грубоовальную, вытянутую к северо-востоку форму. Внутри него выделяются две рудоносные зоны. В разрезе штокверк состоит из трех рудных струй, наклоненных на юго-запад. Устанавливается тенденция уменьшения общего количества прожилково- жильного оруденения с глубиной при увеличении мощности и содержания золота. Глубина распространения промышленного оруденения ориентировочно составляет 1300-1550 м, эрозионный срез месторождения 420-450 м.

Рудные зоны прожилково-вкрапленного и вкрапленного оруденения ограничиваются контуром рассеянной минерализации, выделяемым по содержанию золота в 0.4г/т.

Всего в месторождении выделено 4 основные рудные зоны – Основная, Перспективная, Параллельная и Новая.

В контуре карьера 95% запасов заключено в Основной рудной зоне.

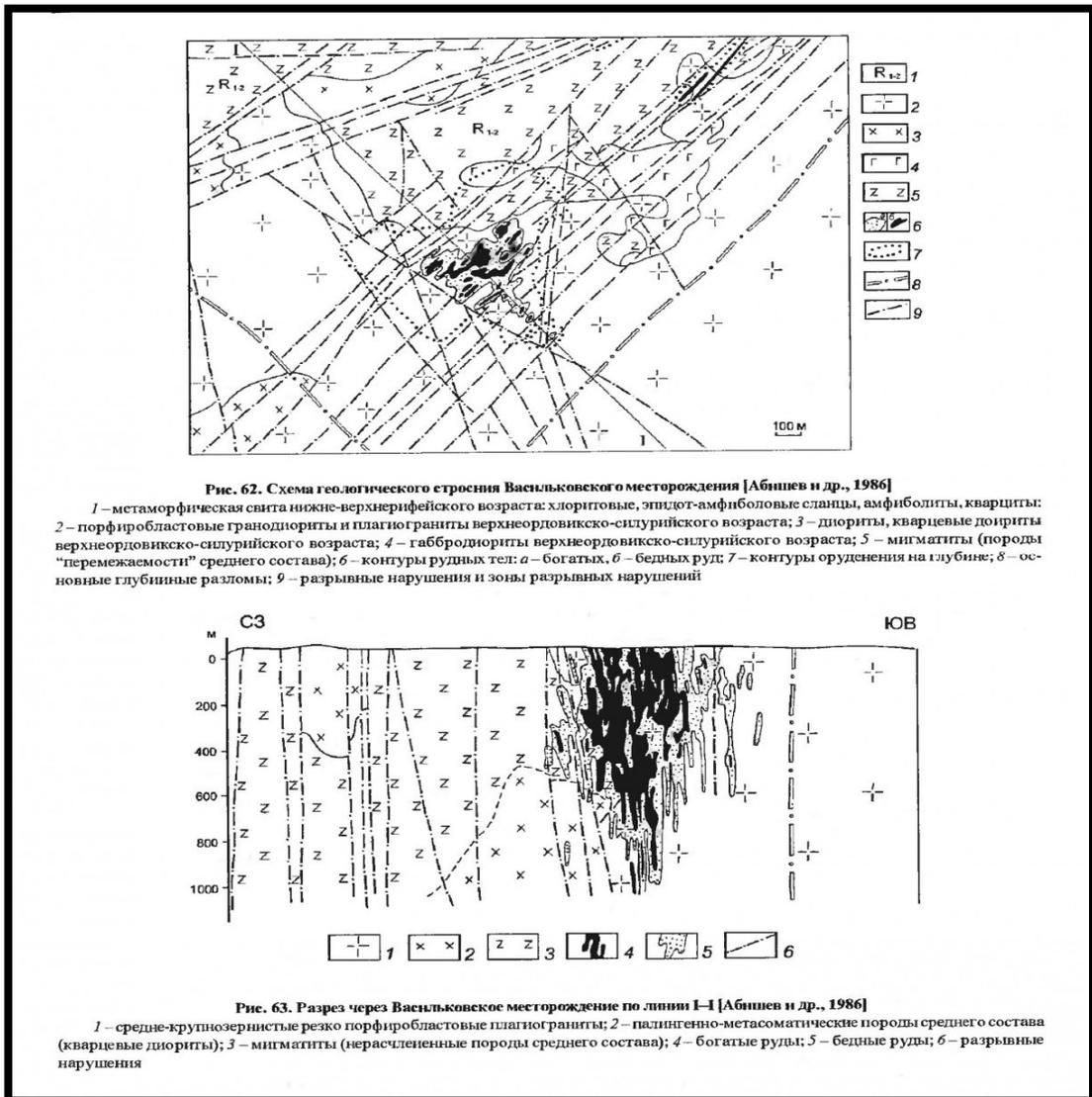


Рисунок 1.2 – Геология Васильковского месторождения

### 1.3 Геологическая и гидрогеологическая изученность месторождения

Изучение данного объекта началось в 1966г. По результатам проведенной в 1971-75гг. детальной разведки были утверждены промышленные запасы его для открытой разработки до глубины 360м (Протокол ГКЗ №7523 от 10.12.1975г.). Принимая во внимание крупные разведанные запасы золота в контуре карьера (149,5т. ) уже в 1979г. по техпроекту Средазнипроцветмета здесь начато строительство рудника проектной производительностью 2,2 млн.т руды в год. К настоящему времени построены внешние авто и железная дороги, высоковольтная ЛЭП, завершается строительство обогатительной фабрики. Глубина карьера составляет 50м. Из окисленных руд с применением метода кучного выщелачивания добыта 1 тонна золота.

В 1990 г. завершена предварительная разведка глубоких горизонтов месторождения, предназначенных для подземной отработки. Запасы руд по ним несколько раз и в разных вариантах подсчитывались, но не утверждались, поскольку разрабатывавшиеся для них кондиции и с геологической и с экономической позиций не имели должного обоснования. Возможность рентабельной отработки упомянутых запасов также недостаточно аргументировалась. Такое же положение сложилось и с экспертно оцененными сульфидными рудами в контуре карьера, пригодными для кучного выщелачивания.

С учетом вышесказанного настоящая работа имеет предназначение дать геолого-экономическую оценку упомянутым рудам месторождения с тем, чтобы при получении положительных показателей рентабельности отработки утвердить запасы их в качестве балансовых и вовлечь в эксплуатацию.

На основе проведенной геолого-экономической оценки и с учетом данных других геологических материалов предшествующего периода изучение месторождения настоящей работой рекомендуются к утверждению следующие основные параметры кондиций:

- а) для подсчета запасов сульфидных руд для кучного выщелачивания - бортовое содержание золота в пробе 0,4 г/т;
- б) для подсчета запасов первичных руд в контуре подземной отработки - бортовое содержание золота в пробе - 2г/т, минимальное промышленное содержание золота в подсчетном блоке - 3г/т, минимальная мощность рудных тел, включаемых в подсчет запасов - 2,0м, максимальная мощность интервалов включаемых в подсчет запасов некондиционных руд и прослоев пустых пород - 3,0 м.

Предлагаемые кондиции вполне соответствуют геологическим особенностям месторождения. А экономическими расчетами устанавливается, что при применении их руды будут рентабельными как при эксплуатации подземными горными выработками (15,7%), так и при разработке месторождения в целом комбинированным способом (18%). Подсчитанные по

этим кондициям балансовые запасы месторождения приведут к увеличению их с 149,5 до 386 тонн, что позволит отнести его к числу самых престижных объектов для привлечения иностранных инвестиций. А при полном развороте эксплуатационных работ Васильковское месторождение станет флагманом по золотодобыче в Республике Казахстан.

Настоящий подсчет запасов базируется на кондициях, согласованных ГКЗ РК, протокол № 749-08-К от 21 октября 2008 года. Этим протоколом утверждены промышленные кондиции для руд открытой добычи: - бортовое содержание для оконтуривания балансовых запасов – 0,8 г/т - минимальная мощность рудного тела, включаемого в подсчет - 5 м - максимальная мощность безрудных прослоев - 5 м - бортовое содержание для оконтуривания забалансовых запасов – 0,4 г/т и, оценочные кондиции для руд подземной добычи: - бортовое содержание для балансовых руд – 2,2 г/т - минимальное промышленное содержание по подсчетному блоку- 2,58г/т - минимальная мощность рудного тела, включаемого в подсчет - 3м - максимальная мощность безрудных прослоев - 3м - бортовое содержание для оконтуривания забалансовых запасов – 1,3г/т. В утвержденных промышленных кондициях, для балансовых руд открытой добычи предусмотрено бортовое содержание 0,8 г/т, как бортовое содержание для оконтуривания руд по мощности (как в ручном подсчете). Сделано это по той причине, что на момент согласования кондиций еще не было утверждено руководство по автоматизированному подсчету. Этому бортовому содержанию (0,8 г/т) соответствует бортовое содержание по блочной модели 0,9 г/т. Для оценочных кондиций для руд подземной добычи, бортовое содержание приняты в том понимании, как это принято для блочной модели. При автоматизированном подсчете в системе Micromine в качестве бортового содержания используется минимальное содержание в элементарном подсчетном блоке по блочной модели. Размеры элементарных подсчетных блоков в плане 20x20 м и по вертикали 15 м (6,000 м<sup>3</sup>) или порядка 16,0 тысяч т руды в каждом.

Рассматриваемая территория расположена в пределах бассейна трещинных вод Казахской складчатой страны.

По условиям формирования, генезису образования и литологическому составу водовмещающих пород в районе, с учетом их практического значения, охарактеризованы наиболее важные водоносные горизонты и комплексы:

Водоносный горизонт аллювиальных средне-четвертичных современных- отложений (аQIII-IV) развит в долине р. Чаглинка и почти повсеместно обнажается на дневной поверхности. Лишь на небольших участках в правобережье перекрыт одновозрастными глинами мощностью до 8 м. В подошве горизонта залегают дресвяно- щебнистые образования коры выветривания или гранитоиды палеозоя. Воды приурочены к пескам с включениями дресвяно-галечникового и гравийного материалов, глинистым пескам с прослоями супесчано-суглинистых разностей пород, а на юге - иловатым глинам с прослоями песков. Воды носят безнапорный характер. Глубина залегания в зависимости от сезонного колебания составляет: в

пределах первой надпойменной террасы - 2,0-5,0м и достигает в бортах долины 8,0-10,0м. Мощность водоносной толщи весьма изменчива и достигает 15м, в среднем составляет 4-6м. Градиент уклона зеркала грунтовых вод от бортов долины к руслу реки составляет 0,002-0,005 и вдоль русла -0,001.

Водообильность водовмещающих отложений определяется гранулометрическим и механическим составом. Дебиты скважин в гравийных песках достигают 9,0-10,0 л/с при понижениях уровня 3,0-4,0 м. При этом коэффициент фильтрации варьирует в пределах 50-70 м/сут, коэффициент водоотдачи при этом изменяется от 0,11 до 0,17. Для глинистых песков максимальные дебиты скважин не превышают 2,0 л/с при понижениях 3,0м, коэффициенты фильтрации на данных участках преимущественно составляют 1,0-2,0 м/сут.

В связи с отсутствием разделяющего водоупорного слоя, воды аллювиальных отложений имеют тесную связь с подстилающими коренными породами. На основании режимных наблюдений была установлена связь подземных вод аллювиальных отложений с поверхностными водами. Минимальные уровни отмечаются в январе-феврале, подъем начинается с марта по май- июнь месяц продолжительностью 45-60 дней в зависимости от количества осадков. Затем начинается спад с незначительными подъемами за счет летне-осенних осадков. Амплитуда колебания уровня в зависимости от водности года составляет 0,4-0,7 м.

Минерализация подземных вод аллювиального водоносного горизонта пестрая и изменяется от 1,0 г/дм<sup>3</sup> в гравийных песках, до 2,0 г/дм<sup>3</sup> в глинистых песках.

Слабоводоносный, участками слабопроницаемый объединенный горизонт средне- верхнеплиоценовых отложений (N<sub>2</sub>-Q) распространен в северной части месторождения, где отложения постепенно погружаются под песчано-глинистые неоген-четвертичные образования мощностью до 20 м. В подошве обводненных песков залегают глинистые коры выветривания и трещиноватые породы скального фундамента.

Подземные воды приурочены к невыдержанным по площади и в разрезе песчаным супесчаным породам общей мощностью до 20м. Глубина залегания уровня в зависимости от рельефа 2,4-14,5 м, снижение зеркала грунтовых вод совпадает с общим уклоном местности с юга на северо-восток.

Водообильность в зависимости от гранулометрического и механического состава водовмещающих пород изменяется от 0,1 до 2,5 л/с. Водоотдача в среднем по площади составляет 0,014, коэффициент фильтрации изменяется в широком диапазоне: от десятых долей до 50 м/сут. Установлена очаговая взаимосвязь грунтовых вод отложений с трещинными водами подстилающих пород скального фундамента.

Характерной особенностью режима подземных вод отложений является отсутствие четко выраженной сезонности в изменениях уровня на востоке и юго-востоке. Величина годовых амплитуд составляет от 0,25 до 0,38м, за исключением скважин, расположенных в пределах котловин, питающихся

снеготалыми водами. В западной части района в большинстве скважин отмечается сезонное колебание уровня. Подъем уровня наблюдается в весенне-летний период за счет атмосферных осадков и затем наступает осенне-зимний спад. Амплитуда подъема составляет 0,54- 0,91м, при этом минимальное стояние уровня воды отмечено в феврале-марте, максимум – в июне-июле. Питание водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков на участках выхода его на поверхность или перекрытых маломощным чехлом супесчаных и песчаных четвертичных отложений. Модуль подземного стока по режимным наблюдениям составляет 0,19л/с с 1 км<sup>2</sup>. Разгрузка подземных вод отложений осуществляется за счет перетока в подстилающие горизонты.

Водоносная зона открытой трещиноватости объединенных палеозойских образований развита повсеместно. Водовмещающие породы представлены метаморфизованными рифей - ордовикскими отложениями (туфами, яшмами), гранитоидами Атыбайского массива и осадочными породами девон-карбонной мульды. Мощность обводненной толщи метаморфических пород зависит от глубины развития открытой трещиноватости и составляет по площади 40-60 м, увеличиваясь до 100 м в зонах тектонических нарушений. Воды комплекса в основном носят грунтовый характер, но в местах глубокого погружения фундамента под чехол рыхлых отложений они приобретают напор до 15 м на юге и до 35-40 м в центральной части с увеличением на север. В естественных условиях глубина залегания уровня в метаморфических породах увеличивается с юга на север, изменяясь от 2 - 6 до 19 м. В центральной части участка в пределах развития погребенных мульд и гранитоидов палеозоя уровни до начала горных работ устанавливались на глубинах 0,4-0,6 м, на повышенных участках до 16,7-23,8 м. Пьезометрический уровень в северной части составлял 2,2-2,6 м.

В современных условиях гипсометрическая поверхность подземных вод имеет устойчивую яйцеобразную форму, сформировавшуюся в результате многолетнего водопонижения на Васильковском карьере. Активная область деформации поверхности подземных вод захватывается депрессионной воронкой северо-западного простирания в радиусе 3-3,5 км. Ниже приведена гидрогеологическая характеристика пород вмещающей толщи.

Водообильность пород скального фундамента в пределах района изменяется в зависимости от минералогического состава и степени трещиноватости. Мощность обводненной зоны достигает 80,0 м. Наиболее водообильными являются трещиноватые известняки, дебиты скважин в которых изменяются в пределах от 0,78 до 5,6 л/с при понижениях соответственно 28,8-1,2м. аргиллиты и алевролиты являются слабодоносными или практически безводными. Дебиты скважин изменяются от сотых до десятых долей л/с.

Непосредственно на месторождении водоносная зона трещиноватости представлена интрузивным комплексом пород Алтыбайского и Жолдыбайского массивов, представленных гранодиоритами, диоритами,

габбро-диоритами. Мощность обводненной зоны определяется глубиной развития трещиноватости, которая на водораздельной части не превышает 50-70 м, а в зонах глубоких разломов и тектонических узлах, к которому приурочено Васильковское месторождение, достигает 500-556 м, что подтверждено бурением скважин и каротажными работами. Средняя обводненная глубина скальных пород Васильковского месторождения по данным разведочных работ принята 375 м. Причем 95% водопритоков формируется до глубины 180 м.

Дебиты скважин в гранитоидах в водораздельной части территории не превышают 1,0 л/с, при удельных дебитах 0,01-0,05 м<sup>3</sup>/с. Максимальными дебитами до 2,2-16,0 л/с при понижениях уровней до 1,85-44,2 м гранитоиды охарактеризованы в зоне рудного штокверка и долины р. Чаглинки, где разведан участок для водообеспечения карьера бутового камня.

Воды гидрокарбонатно-хлоридные, кальциево-магниевые-натриевые, минерализация подземных вод составляет 0,9-2,0 г/дм<sup>3</sup>. Содержание мышьяка составляет от 0,02 до 3,5 мг/дм<sup>3</sup>, прогнозируемое среднее содержание его ожидается на уровне 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. По сумме сульфатов и хлоридов воды среднеагрессивные для арматуры железобетонных конструкций. По морфологии Васильковское месторождение представляет собой сложный усеченный конус, выклинивающийся на глубину [3].

Внутренняя структура месторождения определяется системой сколовых и отрывных разрывов и трещин. Первые ориентированы в СЗ до субмеридиональных направлений с различными углами падения (от пологих до крутых), вторые – в основном крутопадающие, простираются в СВ направлении и вмещают основную массу золотосодержащих кварцевых жил и прожилков. Для разрывов СЗ ориентировки характерны прямолинейные очертания. Их структурные швы представлены ожелезненной глиной трения. Известны крутопадающие субширотные нарушения, нередко сопровождающиеся тектоническими брекчиями. Выделяется также субмеридиональная система крутопадающих трещин, выполненных пострудными прожилками молочно-белого кварца и кальцита.

Следует особо подчеркнуть рудоконтролирующую роль пологих разломов различных направлений (чаще в СЗ румбах) иногда близгоризонтального залегания. На фоне развития крутых раствороподводящих трещинных структур они выполняют роль структурных экранов, резко ограничивающих распространение разнообразной минерализации, в том числе и золотой. При этом, под экраном, могут накапливаться рудные массы повышенной мощности и с относительно высокими концентрациями золота. Для локализации рудных столбов благоприятны и узлы пересечения пологих и крутопадающих разломов.

Таблица 1.1 – Минеральные запасы месторождения

Показатели	Ед. изм.	Доказанные	Вероятные	Доказанные + Вероятные
Руда	млн.т	34,94	2,44	37,38
Золото	т	69,31	4,46	73,77
Золото	г/т	1,98	1,83	1,97

Таблица 1.2 – Минеральные ресурсы месторождения

Показатели	Ед. изм.	Доказанные	Вероятные	Доказанные + Вероятные
Руда	млн.т	47,07	54,14	101,20
Золото	т	106,79	123,95	230,74
Золото	г/т	2,27	2,29	2,28

#### 1.4 Выводы по первой главе

Анализируя современное состояние развития горнотранспортных систем глубоких карьеров, к числу наиболее актуальных проблем дальнейшего развития карьерного транспорта в XXI в., требующих проведения научных исследований и проектно-конструкторских разработок, следует отнести:

1) Анализ научно-методической базы исследований проблем карьерного транспорта и разработка новых методик, критериев оценки эффективности его различных видов и технологических схем, обоснование дальнейших направлений развития учения о карьерном транспорте;

2) Исследование перспектив развития открытых горных разработок с целью уточнения условий формирования и функционирования транспортных систем на долгосрочную (15-20 лет) перспективу;

3) Исследование направлений развития технических средств отдельных видов транспорта, отвечающих требованиям эффективности, в том числе энергосбережения и экологичности;

4) Совершенствование теории и методов проектирования транспортных систем.

5) Разработка новых принципов организации и управления транспортными процессами на карьерах с использованием современных методов и компьютерных технологий;

6) Установлено, что для избежания простоев горно-транспортного оборудования, при переходе на автомобильно-конвейерный транспорт, необходимо в первую очередь ликвидировать целики под тупиковыми станциями и перегрузочными пунктами проводить с возможностью движения

межуступного перегружателя, после чего выполнить интенсивную доработку целиков на участке строительства новой транспортной установки;

7) Получены зависимости затрат на транспортировки горной массы автомобильным, железнодорожным и конвейерным транспортом от высоты ее подъема, а также капитальных и текущих затрат и металлоемкости от угла наклона и высоты подъема конвейерного транспорта.

## 2 Разработка Васильковского месторождения до 540 м открытым способом

### 2.1 Инженерно-геологические условия освоения месторождения открытым способом

В разрезе месторождения выделены следующие стратиграфо-генетические комплексы пород:

1) Делювиально-пролювиальные отложения представлены бурыми, коричневыми суглинками, залегающими с поверхности под почвенно-растительным слоем. Мощность их в центральной части карьера – 0,5-1,0 м, по бортам – 3,5-4,0 м. Суглинки относятся к типу пылеватых лессовидных, они твердые и полутвердые, среднесжимаемые. Как правило, суглинки просадочные, начальное давление просадки от 1,4 до 2,5 г/см<sup>2</sup>. Отдельные их разности являются непросадочными. Нормативные характеристики суглинков при условии водонасыщения:

- угол внутреннего трения  $\varphi = 240$ ;
- сцепление  $C = 0,16 \text{ кг/см}^2$ ;
- модуль деформации компрессионный  $E_k = 27-36 \text{ кг/см}^2$ ;
- объемный вес  $\gamma = 1,8-1,87 \text{ т/м}^3$ .

Суглинки неводостойкие. В откосах бортов карьера суглинки подвергались интенсивной ручейковой эрозии, обрушивались по заколам.

2) Озерные отложения свиты турме представлены в верхней части красновато-коричневыми, кирпично-красными глинами (бывшая павлодарская свита), а в нижней – бледно-зелеными жирными глинами (бывшая аральская свита). Ими заполнены древние депрессии в скальном фундаменте. Породы турме вскрываются в СЗ части карьера, вскрытая мощность до 3 м, к С и З мощность увеличивается до 9-14,3 м. Глины верхней подсвиты полутвердые среднесжимаемые, относятся к средне- и сильнонабухающим. При нагрузках 0,5 кг/см<sup>2</sup> и более набухающие свойства прекращаются, что позволяет отнести глины к ненабухающим. Нормативные характеристики глин при условии водонасыщения:

- угол внутреннего трения  $\varphi = 170$ ;
- сцепление  $C = 0,5 \text{ кг/кв.см}$ ;
- модуль деформации компрессионный  $E_k = 47 \text{ кг/см}^2$ ;
- объемный вес  $\gamma = 1,85 \text{ т/м}^3$ .

Расчетные характеристики:

- угол внутреннего трения  $\varphi = 160$ ;
- сцепление  $C = 0,375 \text{ кг/см}^2$ .

Глины нижней подсвиты полутвердые слабосжимаемые от слабо- до сильнонабухающих. Нормативные характеристики глин при условии водонасыщения:

- угол внутреннего трения  $\varphi = 170$ ;
- сцепление  $C = 0,8 \text{ кг/см}^2$ ;

- модуль деформации компрессионный  $E_k = 70 \text{ кг/см}^2$ ;
- объемный вес  $\gamma = 1,95 \text{ т/м}^3$ .

Вышеописанные глины относительно водостойкие, но и они подвергаются эрозии, обрушению и абляции.

3) Элювиальные образования коры выветривания скальных пород распространены повсеместно на площади месторождения. Состав разнообразен. Исследован суглинистый элювий, который характеризуется плотным сложением, твердой и полутвердой консистенцией, средней сжимаемостью. С глубиной увеличивается количество дресвы и щебня, поэтому сдвиговые и компрессионные испытания не проводились. Стенки уступов, сложенных элювиальными грунтами, вертикальные или близкие к вертикальным, подвергаются ручейковой эрозии, цесквации, смыву, обрушению, осыпанию. Хотя процессы обрушения, выветривания, эрозии и снижают устойчивость бортов, но не в таких угрожающих размерах, чтобы осложнить горные работы [4].

Рекомендуемые углы откосов по нескальным грунтам – 50-55°.

4) Скальные интрузивные породы с рудными телами представлены гранодиоритами, кварцевыми диоритами, габбро-диоритами, микродиоритами в сложной перемежаемости на отдельных участках. Форма рудных тел четковидная с раздувами и пережимами, мощность доходит до 64 м, чаще – 2-20 м. Зоны разобщены по флангам, а к центру сливаются в единый штокверк размером 600x700 м, ориентированный в СВ направлении со средним азимутом 350°. В верхней части до глубины 45 м развита глыбовая зона выветривания. Трещины выветривания имеют густоту – 5 трещин на 1 п.м, на отдельных участках до 20 трещин на 1 п.м. Они взаимно пересекаются, образуя блоки неправильной формы размерами от 0.5 до 10 м, чаще – 5-7 м. В этой зоне породы, в основном, средней прочности – 50 (500)-15 (150) МПа ( $\text{кгс/см}^2$ ). Ниже глыбовой зоны – породы слабовыветрелые или не затронуты выветриванием, но пронизанные отдельными трещинами тектонического происхождения. Тектонические швы имеют мощность 1-1,5 м. Они заполнены брекчированной материнской породой, сцементированной кварцем, кварц-кальцит-флюоритом, иногда милонитом с глиной трения. В зонах дробления развита хаотическая трещиноватость без четко выраженной ориентировки. Модуль трещиноватости до глубины 200 м равен 5-10, ниже – 2-5. Модуль кусковатости до глубины 360 м равен 5-10, ниже – 3-5. Руды и вмещающие породы являются очень прочными ( $1200 \text{ кгс/см}^2$ ). Углы уступов могут быть вертикальными, однако рекомендуемые оптимальные углы откосов – 70-75°.

В целом, инженерно-геологические и горно-геологические условия месторождения оценены как простые. При разработке его не ожидается возникновения горнотехнических явлений, требующих проведения специальных мероприятий по укреплению бортов карьера. По содержанию в рудах и породах свободной кремнекислоты (66,15-89,36%) месторождение относится к силикозоопасным, породы не газоносны, не склонны к самовозгоранию. Вмещающие породы и руды за исключением покровных

суглинков и неогеновых глин, которые к настоящему времени уже извлечены, не склонны к слеживанию, не газоносны, не самовозгораются.

Почвенный слой плодородный, он при строительстве карьера и других объектов промплощадки был снят и отдельно заскладирован для использования при последующей рекультивации предприятия.

Рудоносное кварцево-жильное поле находится в межсопочном понижении на фоне холмисто-увалистого рельефа. Абсолютные отметки местности колеблются от 465 до 480м. Мощность отложений перекрывающих рудные тела, составляет 1,5- 6,0м. Район относится к слабо сейсмическим, сейсмические проявления в районе месторождения достигают 5 баллов по 12-ти бальной шкале, возможность возникновения оползней и селевых потоков при его разработке исключается. В структурно-тектоническом плане месторождение находится в области герцинских складчатых структур, в полосе сочленения казык- итмурундинского антиклинория и котанбулакского синклинория, характеризующейся широким развитием разрывной тектоники. Носителями золотой минерализации на месторождении являются сложнопостроенные кварцево-жильные зоны в нижнепермском интрузивном массиве. Рудные тела представлены маломощными ветвящимися кварцевыми жилами с березитизированными зальбандами. Довольно часто жилы сменяются зонами прожилкового окварцевания и сплошной березитизацией пород. Простираение рудных зон субмеридиональное, мощность их варьирует от первых десятков сантиметров до первых метров, протяженность от 100 до 1200м. Падение зон крутое под углом 70-90° к юго-западу.

Таблица 2.1 – Физико-механические свойства вмещающих пород

Название породы	Глубина распространения, м	Объемный вес, т/м <sup>3</sup>	Влажность, %	Пористость	Угол внутреннего трения, град	Сопротивление сжатию, кг/см <sup>2</sup>	Коэффициент крепости
Четвертичные глины и суглинки	0-1,0	1,99	16,2	34,2	40		1-2
Неогеновые глины	1,0-10,0	1,93	20,4	35,2	14,5		1-2
Глинистые и глинисто-щебенистые коры выветривания	10-65	1,99	12,8	31,5	30		6-10
Гранодиориты (85%)		2,63	2,5	0,3-4,8	55	1400	14
Диориты кварцевые		2,74	2,5	0,2-0,7	49	1550	19
Габбро- диориты				0,2-0,7	46	1730	17
Микро- диориты		2,75	2,5	0,2-0,7		1715	17

## 2.2 Современное состояние горных работ на Васильковском месторождении

В диссертационной работе исследования выполнены в границах разрабатываемого Васильковского месторождения.

Золоторудное месторождение «Васильковское» является одним из крупных по запасам месторождений Казахстана и стран СНГ (свыше 300 тонн). Месторождение было открыто в 1963 году.

АО «Altyntau Kokshetau» осуществляет добычу и переработку золотосодержащих руд Васильковского месторождения, горные работы на котором начаты в 1979 году.

Промышленная площадка АО «Васильковский ГОК» расположена в Акмолинской области, Зерендинском районе в 20 км севернее г. Кокшетау. АО «Васильковский ГОК» осуществляет добычу и переработку золотосодержащих руд Васильковского месторождения золота.

Васильковское месторождение представляет собой линейно вытянутый штокверк площадью 700x850 м с прослеженной глубиной оруднения до 350 м. Месторождение относится к золото-сульфидной-кварцевым и умеренно-сульфидным. Породами, вмещающими оруднение, являются, в основном, гранитоиды, реже габбро и габбро-диориты. Основные рудные минералы – золото, арсенопирит, висмутовые минералы. На месторождении развиты как первичные, так и окисленные руды, последние приурочены к коре выветривания. Первичные руды в карьере составляют более 97% от балансовых запасов руды. Причем 70-80% из них сложены гранитоидами. Остальные – габбродиоритами.

Окисленные руды развиты в коре выветривания и резко отличаются от первичных сульфидных руд. В них преобладают минералы оксидов, гидрооксидов и других кислородных соединений. Другое важное отличие окисленных руд – резко пониженная механическая прочность в связи с процессами выветривания. Окисленная часть запасов практически на сегодняшний день отработана. Единственно полезным компонентом в рудах, извлечение которого сейчас рентабельно, является золото. Из наиболее часто встречающихся попутных компонентов является мышьяк. Около 90% золота связано с породообразующими минералами, 10% - с сульфидными и соединениями мышьяка.

Благоприятные горно-геологические условия (мощная столбообразная залежь, покрытая рыхлыми четвертичными отложениями мощностью до 20 м) и возможность использования вскрышных пород для производства щебня предопределили открытый способ разработки месторождения.

Удаленность Васильковского месторождения от ближайших населенных пунктов:

-п. Красный Яр – 7,25 км южнее месторождения

-п. Конысбай – 3,25 км юго-восточнее от рудника открытых горных работ

-п. Бирлистик – 10 км к северу от рудника

Рыхление пород производится буровзрывным способом. Для бурения технологических скважин диаметром 171мм предусматривается применение буровых станков типа DML HP и SMART ROC D65.

Для погрузки горной массы предусматривается применение экскаваторов типа Terex RH120 емкостью ковша 15м<sup>3</sup> и Hitachi EX 1900 емкостью ковша 12м<sup>3</sup>. Кроме этого при необходимости предусматривается применение колесных погрузчиков CAT 994K (19м<sup>3</sup>) и CAT 992 (12м<sup>3</sup>).

Транспортировка горной массы производится автосамосвалами типа CAT грузоподъемностью 143 т (CAT-785) и 90 т (CAT-777).

Предусматривается раздельное складирование пустой породы и забалансовых руд. Пустые породы складировются в существующие породные отвалы Западный и Восточный. Отвалы пустой породы запроектированы 3-х ярусными с общей высотой 60 м (высота каждого яруса 20м). При этом необходимо обосновать возможность формирования дополнительного третьего яруса изысканиями и научно-исследовательскими работами. Высота существующего склада забалансовой руды составляет 40 м (два яруса по 20 м). С целью размещения добываемой забалансовой руды данным Проектом в количестве 8714,6 тыс.т руды (в объеме 3264 тыс.м<sup>3</sup>) предусматривается формирование третьего яруса склада забалансовой руды высотой 20 м.

Добытая товарная руда транспортируется на перегрузочные площадки на гор. 205м, 217м, 232м, расположенные на южном борту существующего карьера.

На карьере «Васильковское» принят круглогодичный режим работы:

- число рабочих дней в году – 365;
- число рабочих смен в сутки – 2;
- продолжительность смены – 12 часов (11 ч рабочих +1 ч на обед);

В рабочие смены производится погрузка и вывозка горной массы из забоев, бурение скважин, прокладка коммуникаций и т.д. Ремонтные работы производить в цехах на поверхности (профилактический осмотр и ремонт горно-шахтного оборудования и т.д.), а мелкий и краткосрочный ремонт допускается вести на рабочих местах.

Для отбойки горной массы в карьере применяется буровзрывной способ, основная цель которого обеспечить требуемую кусковатость горной массы в развале для нормальной производительной работы выемочно-погрузочного оборудования. Первичное дробление производится методом скважинных зарядов (массовые взрывы). Технологические скважины диаметром 171мм бурятся при помощи буровых станков типа DML HP с системой мокрого пылеподавления в летний период или сухого пылеулавливания в зимний период.

Для дробления негабаритов используется бутобой. Для взрывания технологических скважин предусматривается применение водно-гелевых взрывчатых веществ. Транспортировка и хранение взрывчатых материалов осуществляется подрядной организацией.

Для выемочно-погрузочных работ в карьерах используются экскаваторы: для погрузки вскрышных пород – Terex RH120 емкостью ковша 15м<sup>3</sup>, для погрузки руды – Hitachi EX 1900 емкостью ковша 12м<sup>3</sup>. Кроме этого при необходимости предусматривается применение колесных погрузчиков CAT 994К (19м<sup>3</sup>) и CAT 992 (12м<sup>3</sup>).

Для транспортировки горной массы предусматривается применение автосамосвалов типа CAT грузоподъемностью 143 т (CAT-785) и 90 т (CAT-777).

Отвалообразование осуществляется бульдозерами типа CAT D10T и колесным бульдозером CAT 834.

Планировочные работы и зачистка внутрикарьерных автодорог осуществляются колесными бульдозерами типа CAT 834H, погрузчиком CAT 966, автогрейдерами типа CAT 16 M и виброкатком SEM822.

Для полива автодорог и забоев, а также для доставки воды к технологическому оборудованию в карьере применяются поливочные машины на базе автосамосвалов CAT-777.

Запасы строительного камня полностью отработаны и заскладированы на Западном и Восточном отвалах. По состоянию на 01.04.2023г. общий объем строительного камня на складах составляет 12 252,2 тыс.м<sup>3</sup>, из них: на Западном отвале – 7 697,8 тыс.м<sup>3</sup>, на Восточном отвале – 4 545,5 тыс.м<sup>3</sup>.

На месторождении имеется ЛЭП, ж/д тупик, автодороги, офис, ремонтные мастерские и другие объекты инфраструктуры, необходимой для обеспечения работы рудника.

Персонал доставляется на ГОК ежедневно, автобусами из г. Кокшетау и близ расположенных поселков [5].

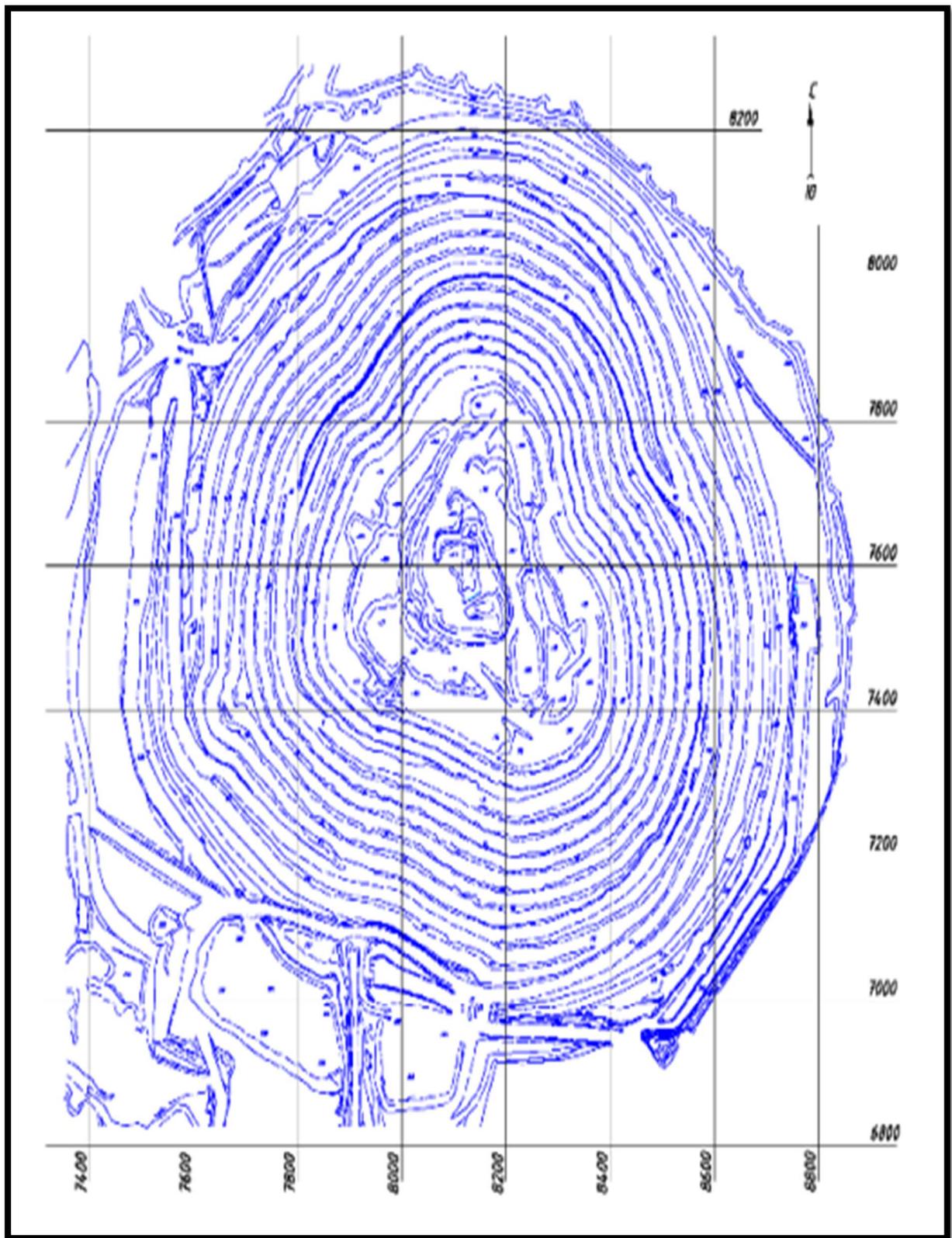


Рисунок 2.1 – Фактическое положение в плане Васильковского месторождения на конец 2026 года

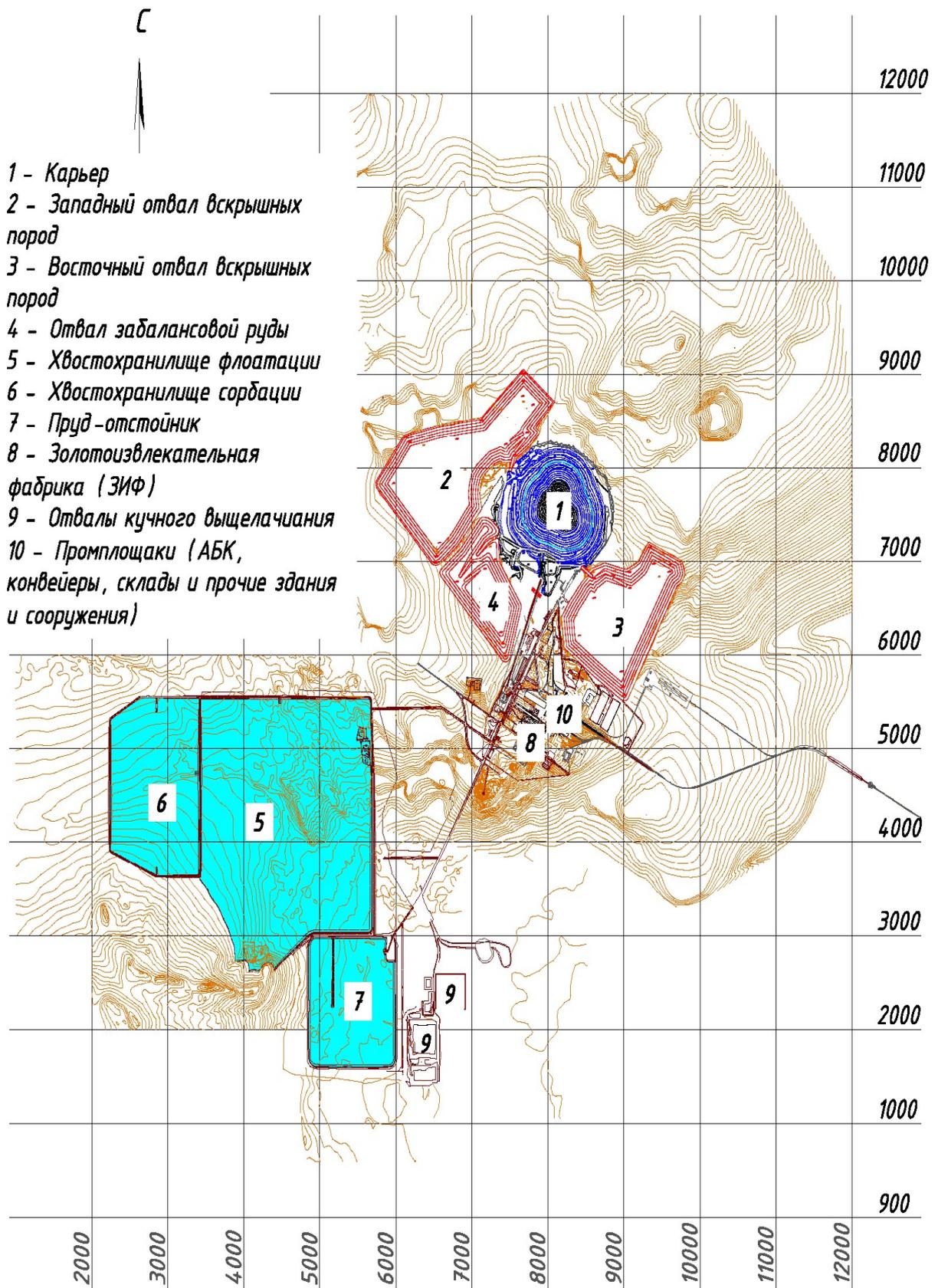


Рисунок 2.2 – Ситуационный план Васильковского месторождения

## 2.3 Обогащение руд Васильковского месторождения

Технологическая схема переработки руд предусматривает следующие процессы:

- трёх стадийное дробление в щековых и конусных дробилках до крупности -30 мм;
  - тонкое дробление в дробилках высокого давления (роллер-пресс) до крупности не менее 75% -5,0мм (15% класса -0,074мм);
  - двухстадийное шаровое измельчение до крупности 85-88% - 0,074мм в замкнутом цикле с гидроциклонами (двухстадийная поверочная классификация);
  - флотационное обогащение руды в цикле измельчения (межцикловая флотация) на крупности 65% - 0,074мм;
  - гравитационное обогащение песков классификации I стадии на центробежных концентраторах с периодической разгрузкой концентрата (КС-ХД);
  - гравитационное обогащение измельченных хвостов межцикловой флотации (песков классификации II стадии) на отсадочных машинах МОД-2М1Л с доводкой концентрата отсадки на концентрационных столах СКО-7,5;
  - флотационное обогащение руды, измельченной до крупности 85-88% -0,074мм (основная, контрольная, перечистная операции и дофлотация хвостов перечистой операции);
  - шаровое измельчение объединенного флотационно-гравитационного концентрата до крупности 95% - 0,045мм;
  - сгущение объединенного флотационно-гравитационного концентрата;
  - ультратонкое измельчение сгущенного флотационно-гравитационного концентрата до крупности 90% -0,010мм;
  - сгущение ультра тонкоизмельченного флотационно-гравитационного концентрата с подачей слива через ПНС в хвостохранилище флотации;
  - реакторное окисление тонкоизмельченного флотационно-гравитационного концентрата кислородом в механоактиваторах и окисление с помощью телескопических диспергационных систем (ТДС);
  - интенсивное и сорбционное цианирование окисленного концентрата;
  - десорбцию золота с насыщенного угля и электролиз элюатов, последующую плавку катодного осадка с получением сплава Доре;
  - отделение некондиционного угля после десорбции, термической реактивации и из хвостов сорбционного цианирования на вибрационных грохотах;
  - обезвреживание хвостов гидromеталлургической переработки;
- Условное содержание золота в отвальных хвостах фабрики (с учетом потерь в твердую и жидкую фазу хвостов цианирования, потерь с угольной

мелочью при сорбционном цианировании и отвальных хвостов флотации) составит 0,44 г/т.

Хвосты флотационного обогащения рекомендуется без специальной обработки направлять в хвостохранилище. Жидкую фазу хвостов после отстаивания и осветления (кондиционирования) используют на фабрике в качестве оборотной воды.

Кек сорбционного цианирования после обезвреживания направляется в хвостохранилище сорбции.

Руда из карьера размещается на рудных складах, сформированные в соответствии с критериями содержаний. Здесь руда шихтуется до планового содержания и подается на внутрикарьерную дробилку.

Дробление производится до класса (-350 мм) на щековых дробилках CJ615 (Jawmaster 1511, производитель SANDVIK).

Дробленая руда подается на конвейер позиции А6 который транспортирует руду на расстоянии 250 далее в пересып магистрального конвейера, который транспортирует руду на расстояние 1280 м до пункта пересыпа. Далее руда конвейером поступает на открытый склад дробленой руды.

Объем склада составляет 40000 м<sup>3</sup> (3-суточный запас по производительности). Забор руды со склада осуществляется вибрационными питателями. В корпус среднего и мелкого дробления руда транспортируется ленточным конвейером.

Вторая и третья стадии дробления осуществляются в конусных дробилках Sandvik с переходом от крупности 350 мм до 30 мм. Для удаления готового класса и повышения производительности дробильного комплекса перед второй и третьей стадией дробления установлены грохота Sandvik LF-3060D, работающие по классу 30 мм. Дробилки работают в открытом цикле.

Дробленая руда подается конвейером на открытый склад дробленой руды силосного типа. Склад состоит из двух емкостей объемом 4200 м<sup>3</sup>, каждая. Подача руды -30 мм осуществляется по двум ниткам. Каждая нитка производительностью 512,5 т/ч.

Под каждым силосом установлены вибрационные питатели, которые подают дробленую руду в корпус тонкого дробления.

Дробление руды крупностью -30 мм до крупности 75-77% -5 мм (15%-0,074 мм) осуществляется в дробилках высокого давления (роллер-прессах). Дробилки работают с возвратом краев разгрузки (крайние зоны валков роллер-прессов, в диапазоне 25% от ширины вала). Циркуляционная нагрузка крайних зон составляет 200-220% от исходного питания [6].

На обогатительной фабрике организовано двух стадийное измельчение дробленой руды после тонкого дробления с выводом и додрабливанием (возврат дробленого продукта в питание первой стадии измельчения) крупной фракции (рудная галь) после первой стадии измельчения. Измельчение осуществляется в шаровых мельницах сливного типа Outotec 6,7x11,3 (1 стадия) и Polysius 6,1x9,05. Мельницы установлены

в замкнутом цикле с гидроциклонами с получением конечной крупности 85-88%-0,074 мм. В цикле измельчения организована межцикловая флотация.

Флотационное обогащение организовано в пневмомеханических флотомашинах чанового типа фирмы Outotec TankCell.

В межцикловой, основной и контрольной флотациях – установлены машины большого объема – 130 м<sup>3</sup>.

В перечистой флотации установлены машины 5 м<sup>3</sup>.

Хвосты флотационного обогащения направляются в хвостохранилище.

Полученные гравитационные и флотационные концентраты с двух ниток объединяются и доизмельчаются в шаровой мельнице МШЦ 3,6x5,5 сливного типа до крупности 95%-0,045 мм.

Мельница работает в замкнутом цикле с гидроциклоном.

После доизмельчения концентрат направляется на сгущение в радиальный высокопроизводительный сгуститель SupraFlo D=35м №1 и далее в цикл ультратонкого измельчения, где измельчается до крупности 90% кл 0,01мм в 10-ти бисерных вертикальных мельницах типоразмера SMD/МУИ-450.

Концентрат после ультратонкого измельчения направляется в радиальный высокопроизводительный сгуститель SupraFlo D=35м №2 и далее в цикл реакторного окисления и гидрометаллургию.

Сгущенный тонкоизмельченный гравитационно-флотационный концентрат перекачивается в от-деление реакторного окисления, где осуществляется окисление концентрата кислородом в присутствии извести с помощью телескопических диспергационных систем (ТДС) и механоактиваторов типа Mach и РББ-1200. В цикле окисления в летний период осуществляется дополнительное охлаждение пульпы в открытой градирне «Splash-Fill».

Предварительное и сорбционное цианирование организовано в две линии.

Окисленный концентрат параллельно перекачивают в колонны цианирования и смешивают с раствором цианида натрия (концентрация цианида в пульпе 0,2%). Пульпу пропускают через реактор Mach для ускорения процесса цианирования в присутствии кислорода.

Из колонн цианирования пульпа поступает в аппараты сорбционного цианирования. Пульпа самотеком проходит из аппарата в аппарат сорбционного цианирования в противотоке углю. Из последнего аппарата сорбции пульпа направляется на обезвреживание и складирование в отдельное хвостохранилище хвостов сорбции. Из первого аппарата сорбции насыщенный уголь выводится в узел десорбции и реактивации, где осуществляется элюирование с него золота и электролиз элюатов с получением катодных осадков.

Обезвреживание хвостовой пульпы от цианидных соединений осуществляется метабисульфитом натрия, обезвреживание от соединений мышьяка – методом обработки железным купоросом и известью.

В отделение плавки поступают катодные осадки, получаемые при переработке золотосодержащего концентрата в технологии сорбционного цианирования. Влажные катодные осадки из электролизеров обезвоживают на пресс-фильтре до влажности 25-30%, загружают в сушильный шкаф где предварительно высушивают, затем переносят в камерную прокалочную печь и нагревают ее вместе с материалом до 500- 600°C в течение 2-3 ч. После сушки осадок выгружают из печи и направляют на плавку.

Плавку сухих катодных осадков осуществляется в индукционных плавильных печах в графитовых тиглях. Температура плавки 1200-1250°C. Сплав Доре с содержанием 80% Au отправляется на аффинаж.

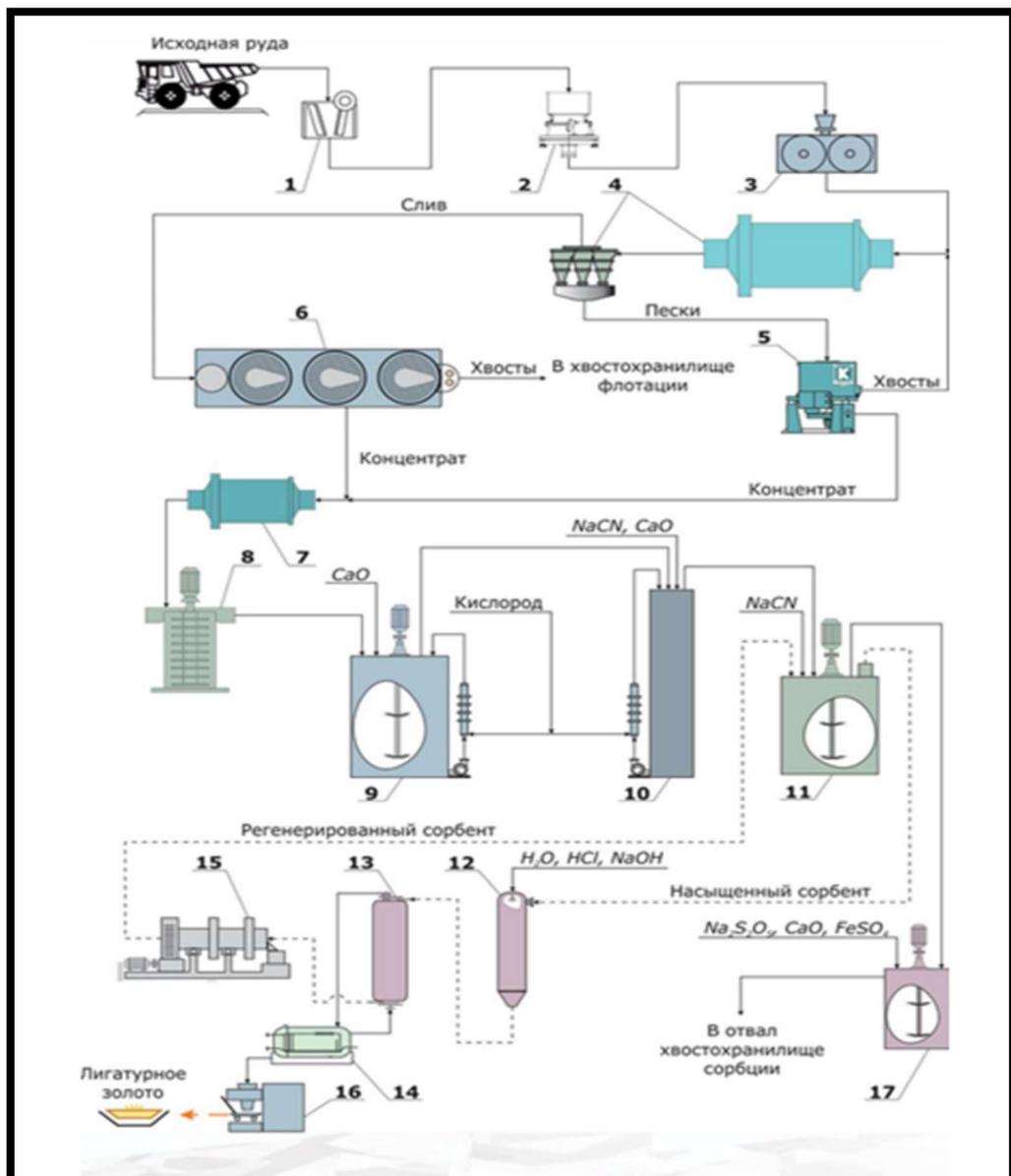


Рисунок 2.3 – Схема обогащения руд Васильковского месторождения

## 2.4 Выводы по второй главе

Для дальнейшей отработки подкарьерных запасов Васильковского месторождения (540м) необходимо расширение границ действующего карьера. Для расширения границ действующего карьера необходимо произвести транспортировку Западного и Восточного отвала вскрышных пород, а также отвала забалансовой руды, а также произвести расширение карьера что скажется на конечном коэффициенте вскрыши.

Согласно данным геолого-маркшейдерской службы АО «Altyntau Kokshetau» по состоянию на 01.04.2023 года на отвалах заскладированы 97 643 тыс.м<sup>3</sup> вскрышной породы: отвал Западный – 54 401,3 тыс.м<sup>3</sup>, отвал Восточный – 43 241,7 тыс.м<sup>3</sup>. На момент завершения открытых горных работ (конец 2026 года) суммарный объем пустых пород заскладированные на отвалах составит 100 663,8 тыс.м<sup>3</sup>.

На складе забалансовой руды заскладировано 44 284,4 тыс.т руды. На момент завершения открытых горных работ (конец 2026 года) на складе забалансовой руды будет заскладировано порядка 53 000,0 тыс.т руды.

При себестоимости транспортировки вскрыши в 3\$ за 1м<sup>3</sup> будет необходимо более 301000000 \$. А также дополнительный объем вскрыши при разное бортов составит около 80000 тыс. м<sup>3</sup> что при себестоимости вскрышных работ в 5,31\$ составит 424800000 \$. А также приведет к повышению себестоимости вскрышных и добычных работ в будущем. Также, прогнозируя снижение объемов и качества полезного ископаемого говорит о том, что дальнейшее углубление карьера не рентабельно.

В данной диссертационной работе предлагается дальнейшая отработка запасов месторождения подземным способом [7].

### **3 Разработка подкарьерных запасов Васильковского месторождения до 800 м**

#### **3.1 Изучение мирового опыта разработки подкарьерных запасов**

В настоящих условиях, когда маловероятно появление новых революционных горных технологий, основным направлением повышения эффективности освоения недр является создание таких технологических схем освоения месторождений, которые основываются на принципах эффективного сочетания технологических процессов различных способов разработки с оптимизацией области экономически выгодного использования каждого способа и обеспечением условий их взаимного благоприятного использования. Исходя из основных положений современной концепции освоения и сохранения недр следует оценить роль и перспективы развития комбинированной технологии разработки рудных месторождений.

С точки зрения современных представлений, под комбинированной разработкой следует понимать технологию освоения месторождения, сочетающую элементы физико-технической (открытой подземной) и физико-химической технологий, увязанных во времени и пространстве, путем создания единой схемы вскрытия и подготовки запасов на весь период освоения месторождения. Наибольший эффект применения такой технологии может быть обеспечен в случае реализации технологических решений при поэтапной разработке рудных запасов.

Производство открытых горных работ на больших глубинах сопровождается резким увеличением объемов и существенным усложнением схем вскрытия, ухудшения геомеханической обстановки и усложнением проветривания карьеров.

Анализ практики применения комбинированной технологии по 110 зарубежным рудникам показал, что наибольшее число рудников, осуществляющих комбинированную отработку запасов, приходится на предприятия по разработке руд цветных металлов и алмазов - 60%; около 16 % предприятий ведут добычу железных руд; более 10% рудников разрабатывают месторождения нерудного сырья. При этом 60-65% рудников осуществляют добычу подкарьерных запасов, находящихся ниже отметки дна карьера, и 15-18% предприятий разрабатывают прибортовые запасы. Наибольшее распространение получила последовательная открыто-подземная выемка запасов. Весьма большой опыт отработки запасов комбинированным способом как в варианте последовательной открыто-подземной, так и в варианте подземно-открытой геотехнологии накоплен на железорудных месторождениях.

Добыча полезного ископаемого открытым способом является целесообразной, если затраты на добычу не сравниваются с затратами при подземном способе извлечения. Комбинированный способ разработки

означает применение открытого и подземного способа разработки в любой последовательности, включая одновременную разработку.

Преимущества комбинированной разработки: большая производственная мощность предприятия по руде, использование высокоэффективной техники и возможность комплексной механизации, автоматизации производства, более безопасные и комфортные условия труда рабочих, более высокая производительность труда и низкая стоимость добычи, высокое извлечение и незначительное разубоживание руды. Быстрое вскрытие и подготовка месторождения, независимость горных работ от климатических условий, многообразие систем разработки, обеспечивающих извлечение запасов в различных горно-геологических условиях, меньшая площадь горного отвода, большая пропускная способность горных выработок при относительно низкой их стоимости, меньшие удельные капитальные затраты на строительство и реконструкцию рудников.

### **3.2 Выбор системы разработки**

Скальные интрузивные породы Васильковского месторождения с рудными телами представлены гранодиоритами, кварцевыми диоритами, габбро-диоритами, микродиоритами в сложной перемежаемости на отдельных участках. Форма рудных тел четковидная с раздувами и пережимами, мощность доходит до 64 м, чаще – 2-20 м. Зоны разобщены по флангам, а к центру сливаются в единый штокверк размером 600x700 м, ориентированный в СВ направлении со средним азимутом 350. В верхней части до глубины 45 м развита глыбовая зона выветривания. Трещины выветривания имеют густоту – 5 трещин на 1 п.м, на отдельных участках до 20 трещин на 1 п.м. Они взаимно пересекаются, образуя блоки неправильной формы размерами от 0.5 до 10 м, чаще – 5-7 м. В этой зоне породы, в основном, средней прочности – 50 (500)-15 (150) МПа (кгс/см<sup>2</sup>). Ниже глыбовой зоны – породы слабовыветрелые или не затронуты выветриванием, но пронизанные отдельными трещинами тектонического происхождения. Тектонические швы имеют мощность 1-1,5 м. Они заполнены брекчированной материнской породой, сцементированной кварцем, кварц-кальцит-флюоритом, иногда милонитом с глиной трения. В зонах дробления развита хаотическая трещиноватость без четко выраженной ориентировки. Модуль трещиноватости до глубины 200 м равен 5-10, ниже – 2-5. Модуль кусковатости до глубины 360 м равен 5-10, ниже – 3-5. Руды и вмещающие породы являются очень прочными (1200 кгс/см<sup>2</sup>).

По содержанию в рудах и породах свободной кремнекислоты (66,15-89,36%) месторождение относится к силикозоопасным, породы не газonosны, не склонны к самовозгоранию. Вмещающие породы и руды за исключением покровных суглинков и неогеновых глин, которые к настоящему времени уже извлечены, не склонны к слеживанию, не газonosны, не самовозгораются.

По морфологии Васильковское месторождение представляет собой сложный усеченный конус, выклинивающийся на глубину. Внутренняя

структура месторождения определяется системой сколовых и отрывных разрывов и трещин. Первые ориентированы в СЗ до субмеридиональных направлений с различными углами падения (от пологих до крутых), вторые – в основном крутопадающие, простираются в СВ направлении и вмещают основную массу золотосодержащих кварцевых жил и прожилков. Для разрыва в СЗ ориентировки характерны прямолинейные очертания. Их структурные швы представлены ожелезненной глиной трения. Известны крутопадающие субширотные нарушения, нередко сопровождающиеся тектоническими брекчиями. Выделяется также субмеридиональная система крутопадающих трещин, выполненных пострудными прожилками молочно-белого кварца и кальцита. Следует особо подчеркнуть рудоконтролирующую роль пологих разломов различных направлений (чаще в СЗ румбах) иногда близгоризонтального залегания. На фоне развития крутых раствороподводящих трещинных структур они выполняют роль структурных экранов, резко ограничивающих распространение разнообразной минерализации, в том числе и золотой. При этом, под экраном, могут накапливаться рудные массы повышенной мощности и с относительно высокими концентрациями золота. Для локализации рудных столбов благоприятны и узлы пересечения пологих и крутопадающих разломов.

Минеральные Ресурсы золотосодержащих руд Васильковского месторождения при бортовом содержании золота 1,2 г/т, принятые на Государственный учет недр РК по состоянию на 01.01.2022г. составляют 65,75 млн.т руды и 150,03 т золота со средним содержанием золота в руде 2,28 г/т

По содержанию полезных компонентов руда высокой ценности [8].

При выборе системы разработки учтены следующие особенности месторождения:

- горнотехнические условия месторождения;
- безопасность ведения горных работ;
- механизация технологических процессов;
- обеспечение минимальных потерь и разубоживания при добыче;
- наиболее полная выемка запасов;
- экономическая эффективность разработки.

Выбор системы разработки по горно-геологическим и горнотехническим условиям разработки месторождения выполнен согласно таблице.

Согласно классификации систем подземной разработки рудных месторождений, наиболее приемлемыми является система с закладкой выработанного простран.

### **3.3 Вскрытие и подготовка месторождения**

Подготовка включает проведение транспортного штрека, ортов, фланговых восстающих. Выемка производится горизонтальными слоями со

шпуровой отбойкой высотой 3,5-4,5 м. Отбитая руда доставляется ПДМ до рудоспуска. Потери руды до 3-5%, разубоживание – 2-3%, производительность труда рабочего 30-40т/см, объем ПНР на 1000 т руды – 5-6 м.

Достоинства: незначительные потери и разубоживания руды.  
Недостатки: высокая себестоимость добычи.

Для вскрытия месторождения технически возможным являются варианты:

1) вскрытие автомобильным наклонным съездом со дна карьера и вертикальным вспомогательным стволом

Критерием сравнительной оценки служит минимум приведенных затрат, формула [5].

$$П = C_{уд} + E * K_{уд} \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

где  $C_{уд}$  – удельные эксплуатационные затраты; тг.

$K_{уд}$  – удельные капитальные затраты; тг

$E$  – коэффициент эффективности.

1-й способ:

Капитальные затраты

Проходка вентиляционных стволов, формула [6]

$$K_{вс} = H_{вс} * K_{в} * n_{вс}, \quad (3.2)$$

где  $H_{вс}$  – глубина вентиляционного ствола, м;

$K_{в}$  – стоимость проведения 1 п.м. ствола, тг/м;

$n_{вс}$  – количество стволов.

$K_{вс} = 270 * 260000 * 1 = 70\ 200\ 000$  тг.

Проведение наклонного съезда, формула

$$K_{н.с} = L_{н.с} * K_{н}, \quad (3.3)$$

где  $L_{н.с}$  – длина наклонного съезда, м;

$K_{н}$  – стоимость проведения 1 п.м. наклонного съезда, тг/м.  $K_{н.с} = 1340 * 25000 = 33500000$  тг.

Длина наклонного съезда определена в результате изображения на миллиметровку чертежа по исходным данным.

Проведение заездов, формула

$$K_{н.с} = L_{н.с} * K_{н}, \quad (3.4)$$

где  $L_{н.с}$  – длина наклонного съезда, м;

$K_{н}$  – стоимость проведения 1 п.м. наклонного съезда, тг/м.

$K_{н.с} = 1340 * 25000 = 33500000$  тг.

$$L_3 * K_3, \quad (3.5)$$

$K_3$  - стоимость проведения 1 п.м. заезда, тг/м  $K_3 = 336*22000=7392000$  тг.  
Стоимость строительства надшахтных зданий и сооружений, формула

$$Д = 9,3 + 3,24 * A_г, \quad (3.6)$$

где  $A_г$  - годовая производительность месторождения, т/год;

В данном случае годовая производительность ставится в млн. т/год, а  $Д$  в млн. тг.

$$Д = 9,3 + 3,24 * 0,5 = 11 \text{ млн. тг.}$$

Стоимость капитальных затрат по первому способу вскрытия составляет 122 092 000 тг.

Эксплуатационные затраты

Стоимость поддержания вентиляционных стволов шахты, формула

$$C_{вс} = N_{вс} * R_{вс} * T * n_{вс}, \quad (3.7)$$

где  $R_{вс}$  - стоимость поддержания 1 п.м. ствола, 28 тг/м;

$n_{вс}$  - количество вентиляционных стволов,

$T$  - срок службы рудника, 22 года

$N_{вс}$  - глубина вентиляционного ствола, 270 м.

$$C_{вс} = 270 * 28 * 22 * 1 = 166\,320 \text{ тг.}$$

Стоимость поддержания наклонного съезда, формула

$$C_{н.с} = N_{н.с} * R_{н.с} * T, \quad (3.8)$$

где  $N_{н.с}$  - длина наклонного съезда, 1340 м.

$R_{н.с}$  = стоимость поддержания 1 п.м. наклонного съезда, 16 тг/м

$T$  - срок службы рудника, 22 года.

$$C_{н.с} = 1340 * 16 * 22 = 471\,680 \text{ тг.}$$

Стоимость поддержания заездов, формула

$$C_з = 2L_{ср.з} * R_з * n_з, \quad (3.9)$$

где  $L_{ср.з}$  - длина заездов, м;

$R_з$  - стоимость поддержания 1 п.м. заезда, тг/м;

$n_з$  - количество заездов  $C_з = 2 * 336 * 16 * 4 = 43\,008$  тг

Стоимость ремонта надшахтных зданий и сооружений, формула

$$Д = (0,164 + 0,07 * A_г) * T, \quad (3.10)$$

где  $A_g$ - годовая производительность месторождения, т/год;

$T$ - срок службы рудника, 22 года.

В данном случае годовая производительность ставится в млн. т/год, а  $D$  в млн. тг.

$$D = (0,164+0,07*0,5)*22= 4378000 \text{ тг.}$$

Стоимость подъема руды по НТС, формула

$$C_{\text{под}} = Q_{\text{изв}} * H_{\text{н.с}} / 2 * K_{\text{под}} \quad (3.11)$$

где  $K_{\text{под}}$ =стоимость подъема 1 тонны руды на 1 метр  $C_{\text{под}} = 8741600*670*0,008 = 46\ 854\ 976$  тг.

Сумма эксплуатационных затрат по первому способу вскрытия составляет 51 913 984 тг.

Сумма эксплуатационных затрат по второму способу вскрытия составляет 17 713 496 тг.

Приведенные затраты

$$П = C_{\text{уд}} + E * K_{\text{уд}} \rightarrow \min, \quad (3.12)$$

где  $C_{\text{уд}}$ - удельные эксплуатационные затраты;

$C_{\text{уд}} = \sum$  эксплуатационных затрат/ $Q$  из В

$K_{\text{уд}}$ - удельные капитальные затраты;

$K_{\text{уд}} = \sum$  капитальных затрат/ $A_g$

$E$  - нормативный коэффициент, 0,12

1) Вскрытие автомобильным наклонным съездом со дна карьера и вертикальным вспомогательным стволом

$$C_{\text{уд}} = 51913984 / 8741600 = 5,9$$

$$K_{\text{уд}} = 122092000 / 500000 = 244,2 \quad П = 5,9 + 0,12 * 244,2 = 35 \text{ тг/т}$$

2) Вскрытие вертикальным стволом со стороны лежащего бока и

этажными квершлагами

$$C_{\text{уд}} = 17713496 / 8741600 = 2$$

$$K_{\text{уд}} = 297772000 / 500000 = 595,5 \quad П = 2 + 0,12 * 595,5 = 73 \text{ тг/т.}$$

### 3.4 Горнопроходческие работы

Таблица 3.4 - Объем горно-подготовительных и нарезных работ

№ п/п	Наименование выработки	Число выработок	Размеры выработок				Объем		
			Высота, м	Ширина, м	Сечение, м <sup>2</sup>	Длина, м	По руде, м <sup>3</sup>	По породе, м <sup>3</sup>	Всего, м <sup>3</sup>
I	Подготовительные выработки								
1.1	Погрузочные камеры	1	5	4	20	5		100	100
1.2	Вентиляционный штрек	1	1,9	1,7	3,23	50	162	-	162
1.3	Материально-ходовой восстающий	1	2,6	2,6	6,8	60	408	-	408
1.4	Сбойка материально-ходового восстающего с погрузочной камерой	1	2	2,5	5	3,5	-	17,5	17,5
1.5	Рудоспуск	2	2	2,2	4,4	54		237,6	119
	Доставочный штрек	1	3	3,2	9,5	45,5		432	432
	<b>Итого:</b>	-	-	-	-	<b>169</b>	<b>570</b>	<b>787</b>	<b>1357</b>
II	Нарезные выработки								
2.1	Отрезной восстающий	1	2,85	1,6	4,6	58	266,8	-	266,8
2.2	Дучки	7	1,2	1,2	1,14	2/14	16	-	16
2.3	Разворонки дучек	7	-	-	-	-	130	-	130
2.4	Сбойки доставочного штрека с дучками (ниши под дучки)	7	1,8	2,0	3,36	1,4/9,8		32,9	32,9
2.5	Ходки в очистное пространство	16	2,0	1,8	3,36	2,5/40	134	-	252
	<b>Итого:</b>	-	-	-	-	<b>122</b>	<b>547</b>	<b>33</b>	<b>580</b>
	<b>Всего:</b>					<b>291</b>	<b>1117</b>	<b>820</b>	<b>1937</b>

Бурение скважин начинают после завершения проходки отрезного восстающего, когда на горизонте доставки созданы условия для проветривания выработок. В первую очередь бурят скважины для образования отрезной щели и отбойки руды в смежной со щелью приконтурной зоне. Скважины диаметром 89мм бурят буровой установкой Simba1254 перфоратором с верхним ударником, либо станками ЛПС-3У и КС-50 [9].

ЛНС и расстояние между скважинами приняты равными 2,4 и 1,2 – 3,6м минимальное и максимальное, соответственно. Расстояние от борта просечки - 0,3-0,5м. Основную часть запасов руды секции (камеры) обуривают полувеерно-расположенными скважинами с ЛНС равной 2,4 м и расстояние между концами скважин в веере 3-3,2 м. Выход руды с 1 м скважин  $d_{89}$  мм – 5-8 т. В каждом опорном комплекте необходимо предусмотреть бурение одной-двух контрольных скважин по бортам для установления контакта руда-порода. После разбуривания контрольных скважин с учетом полученных данных составляется проект на разбуривание всего массива руды в камере (секции). В проекте на разбуривание необходимо предусматривать перебур скважин до контактов руда-порода на 0,5-0,6 м. Оформление отрезной щели начинают после завершения бурения не менее 3 вееров комплектов скважин на подэтаже, но не более 5-6 вееров. Для ускорения зарядки скважин необходимо применять рассыпные ВВ (гранулит, игданит и т. п.). Зарядку скважин производят пневмозарядчиками Ульба-150 или ЗП-25. Общий вес взрываемого заряда не должен превышать 1000 кг. Взрывание электрическое короткозамедленное, при этом масса взрываемого заряда ВВ в одном замедлении не должна превышать 500 кг. Поэтому одновременно должно взрываться не более трех вееров с замедлением между ними 30-45 мс. Удельный расход ВВ на отбойку при диаметре 89 мм составляет 0,47-0,57 кг/т.

Обуривание массива руды ведут буровой установкой Simba1254 как от флангов блока к центру, так и от фланга к флангу. При мощности рудного тела до 10 м принято параллельное или полувеерное расположение скважин. При этом скважины всяческого бока рудного тела необходимо располагать параллельно к контакту руды с породой на расстоянии 0,5-0,7 м. Причем при мощности 3-5 м, массив руды рекомендуется обуривать параллельными сближенными скважинами диаметром 64 мм (см. черт. ГТР-02-2015). В каждом ряду обуривается три-пять скважины. Придание отбиваемому слою наклона ( $67-73^\circ$ ) в сторону выработанного пространства снижает количество выбрасываемой отбитой руды по длине камеры и способствует накоплению основной отбитой массы в зоне выпуска.

Как показывает опыт аналогичных рудников, при таких схемах расположения скважин обеспечивается полнота отбойки и исключается

подрыв пород висячего бока. При мощности рудного тела до 5 м комплект скважин включает параллельные и веерно расположенные скважины, а при большей мощности скважины располагают веерно. Рекомендуемые параметры буровзрывных работ подлежат уточнению в процессе опытных работ [10].

Отбойка руды производится на отрезной восстающей или на предварительно образованную отрезную щель от флангов блока к центру. Верхний подэтаж обрабатывают с опережением по отношению к нижнему. Руду можно отбивать вертикальными слоями или наклонными под углом 67- 73° в сторону выработанного пространства слоями. В зависимости от мощности за один прием отбивают по одному-два слоя руды на каждом подэтаже. Перед очередным взрывом производят выпуск отбитой руды и производят дозачистку воронки выпуска, что обеспечивает накапливанию отбитой руды в пределах зоны выпуска. При принятом порядке взрывания скважин и схемы выпуска на подэтажах отбитая руда располагается в районе воронки выпуска под углом естественного откоса.

При мощности рудного тела более 10м отбойка руды в блоке производится секциями шириной 12-17м, расположенными вкрест простирания рудного тела. Фронт очистных работ также продвигается от фланга блока к его центру. В крайней фланговой секции на контакте с висячим боком оформляется отрезная щель путем отбойки скважин на отрезной восстающей. Отбойка руды на выемочном участке производится от крайней секции висячего бока к лежащему (или наоборот) взрыванием веерно расположенных скважин на отрезную щель. Скважины бурят из доставочно- буровых подэтажных штреков, расположенных в центральной части рудного тела. Выемку руды в секциях (камерах) ведут сплошным фронтом с отставанием друг от друга на величину 1-2 ЛНС.

Очистные камеры располагают по простиранию или вкрест простирания. Порядок обработки запасов камер и направления фронта очистных работ в блоке корректируются после уточнения контуров рудных тел по данным эксплоразведочных выработок. Затем на основе уточненных опробованием контуров рудного тела, горнотехнических условий и определения фактической мощности рудного тела корректируется (составляется) рабочая документация на обработку рудных тел.

Принятый порядок обработки выемочного участка уменьшает сейсмическое влияние взрывных работ на состояние бортов камеры.

Рекомендуемый настоящим Проектом комплекс самоходного оборудования для очистных работ обеспечивает заданную производительность в объеме 140 тыс. т в год и соответствует составу, рекомендуемому «Нормами технологического проектирования рудников цветной металлургии с подземным способом разработки» [11].

Удельные объемы подготовительно-нарезных работ по различным вариантам принятой проектом этажно-камерная система разработки со сплошной выемкой и отбойкой руды скважинами из подэтажных штреков приведены в **таблице 3.13.**

Для обеспечения безопасности горных работ и полноты выемки запасов камер первой очереди при отработке рудных тел мощностью более 10 м оставляют временные межкамерные рудные целики шириной 8-10 м, которые обрабатываются последовательно после выемки запасов 2-3 камер. Для подготовки временных целиков к отработке составляется проект на его отработку и утверждается главным инженером рудника. Порядок подготовки и отработки временных целиков аналогичен отработке запасов камер первой очереди [11].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной диссертации была проведена комплексная работа по разработке подкарьерных запасов на примере АО «Алтынтау Кокшетау». Исследование включало в себя анализ текущих методов разработки месторождений, оценку геологических и экономических характеристик объекта, а также разработку рекомендаций по улучшению технологии добычи.

Основные выводы и результаты исследования можно сформулировать следующим образом:

### 1. Геологическая оценка месторождения:

- Подробно исследованы геологические условия месторождения АО «Алтынтау Кокшетау», что позволило определить наиболее перспективные участки для разработки.

- Проведен анализ минерального состава и структурных особенностей рудных тел, выявлены ключевые факторы, влияющие на эффективность добычи.

### 2. Анализ текущих методов разработки:

- Проведен критический анализ существующих методов разработки подкарьерных запасов, выявлены их преимущества и недостатки.

- Определены основные проблемы, с которыми сталкивается предприятие в процессе добычи, такие как потери полезного ископаемого и низкая эффективность оборудования.

### 3. Разработка рекомендаций и новых технологий:

- Разработаны предложения по совершенствованию технологического процесса добычи, включающие использование более современных и эффективных методов.

- Внедрение новых технологий позволило бы снизить операционные затраты и увеличить объем извлекаемых полезных ископаемых.

### 4. Экономическая оценка предложенных мер:

- Проведена экономическая оценка эффективности внедрения предложенных технологических изменений.

- Показано, что применение предложенных мер позволит существенно повысить рентабельность разработки месторождения и сократить сроки окупаемости инвестиций.

Практическая значимость исследования заключается в том, что предложенные рекомендации могут быть использованы на практике для улучшения процесса добычи полезных ископаемых в условиях конкретного месторождения. Реализация предложенных мер обеспечит повышение эффективности разработки подкарьерных запасов, что в свою очередь положительно скажется на экономических показателях предприятия.

Таким образом, результаты проведенного исследования подтверждают необходимость и целесообразность внедрения предложенных изменений в процесс разработки подкарьерных запасов на примере АО «Алтынтау

Кокшетау». Дальнейшие исследования в данном направлении могут быть направлены на адаптацию и внедрение предложенных технологий в других аналогичных месторождениях, что позволит повысить общую эффективность горнодобывающей отрасли.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В диссертационной работе использованы следующие обозначения и сокращения:

1. ДПП – дробильно-перегрузочный пункт
2. ККД ДОФ – корпус крупного дробления дробильно-обогажительной фабрики
3. КНК – крутонаклонный конвейер
4. МПУ – машина погрузочная универсальная
5. ОФ – обогажительная фабрика
6. ПБ – погрузочный бункер
7. ПДУ – передвижная дробильная установка
8. ПП – перегрузочный пункт
9. ПШС – погрузчик-штабелеукладчик скальный
10. РДПП – рудный дробильно-перегрузочный пункт
11. САПР – система автоматизации проектных работ
12. ЦПТ – циклично-поточная технология
13. ЧАО «НКМЗ» – частное акционерное общество «Новокраматорский машиностроительный завод»
14. ЭКГ – экскаватор карьерный гусеничный

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Адамчук, А.А., Шустов, О.О. (2017). Обґрунтування раціональних схем при автомобільно-конвеєрному транспорті на глибоких кар'єрах України. Матеріали V Всеукраїнської Науково-Технічної Конференції Студентів, Аспірантів і Молодих Вчених «Молодь: Наука Та Інновації», 1, 2–3.
- 2 Carter, R.A. (2010). Powerful Design Tools-and Common Sense-Can Control Conveyor Cost and Complexity Issues. *Engineering and Mining Journal*, 211(5), 52.
- 3 Neumann, T., & Minkin, A. (2015). Conti® MegaPipe–A New Dimension in Closed-Trough Belt Technology. *Proceedings of the 12th International Symposium Continuous Surface Mining-Aachen 2014*, 1–10.
- 4 Yijun, Z. (2013). Extended reach: Overland pipe conveyor with low rolling resistance belt. *Bulk Solids Handling*, 4, 16–21.
- 5 Imai, A. (2011). Pipe conveyor Development, benchmark and future trend. *BULK SOLIDS HANDL.*(Nd).
- 6 Shustov, O., & Dryzhenko, A. (2016). Organization of dumping stations with combined transport types in iron ore deposits mining. *Mining of Mineral Deposits*, 10(2), 78–84.
- 7 Адамчук, А.А., & Шустов, О.О. (2018). Системний підхід до вибору нових засобів транспорту для роботи на глибоких кар'єрах. *Збірник Наукових Праць Національного Гірничого Університету*, 54, 8–18.
- 8 Дребенштедт К., Риттер Р., Супрун В.И., Агафонов Ю.Г. Мировой опыт эксплуатации комплексов циклично-поточной технологии с внутрикарьерным дроблением // *Горный журнал*, № 11, 2015. - С. 81-87. doi: 10.17580/gzh.2015.11.17.
- 9 Agafonov Y., Suprun V., Pastikhin D., Radchenko R. Problems and prospects of cyclic-and-continuous technology in development of large one and coalfields // *Proceeding of the 12<sup>th</sup> International Symposium Continuous Surface Mining, Aachen: Springer, 2014. - pp .437-445.*
- 10 Галкин В.И., Шешко Е.Е. Обоснование областей эффективного применения специальных видов конвейеров на карьерах // *Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск I трудов Междунар. научн. симпозиума «Неделя горняка-2014»*, 2014. - С. 400-410.
- 11 Трубецкой К.Н., Жариков И.Ф., Шендеров А.И. Совершенствование конструкции карьерных комплексов ЦПТ // *Горный журнал*, 2015. - №1. - С. 21–24. doi: 10.17580/gzh.2015.01.04.
- 12 Решетняк С.П. Обоснование и разработка схем циклично-поточной технологии с внутрикарьерными передвижными дробильно-перегрузочными комплексами // *Дисс. докт. техн. наук. – Апатиты, 1998. - 423 с.*
- 13 Четверик М.С., Перегудов В.В., Романенко А.В. и др. Циклично-поточная технология на глубоких карьерах. Перспективы развития // *Монография. - Кривой Рог: Дионис (ФЛ-П Чернявский Д.А.), 2012. - 356 с.*