

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт Геологии, Нефти и Горного дела  
Кафедра «Горное дело»

УДК 622.221.3

На правах рукописи

Назыров Руфат Султанович

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

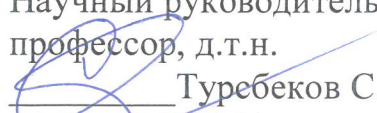
Название диссертации

Программное обеспечение для управления  
горными работами на примере компании  
«KAZ Minerals»

Направление подготовки

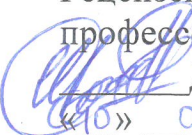
7M07203 – «Горная инженерия»

Научный руководитель  
профессор, д.т.н.

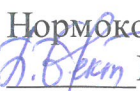
  
Турбеков С.В.  
«10» 06 2021г.

Рецензент

профессор, д.т.н.

  
Джуламанов Т.Д.  
«10» 06 2021г.

Нормоконтроль

  
Бектур Б.  
«10» 06 2021г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой Горное дело  
профессор, д.т.н.

  
Молдабаев С.К.  
«11» 06 2021г.

Алматы, 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт Геологии, Нефти и Горного дела  
Кафедра «Горное дело»

7M07203 – «Горная инженерия»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ГД  
профессор, д.т.н.

С.К.Молдабаев

« 11 » 06 2021г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Назырову Руфату Султановичу

Тема: Программное обеспечение для управления горными работами на примере компании «KAZ Minerals»

Утверждена приказом руководителя университета № 330-М от 11.11.2019 г.

Срок сдачи законченной работы «15» июня 2021 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: текстовые, графические материалы по разведке, программное обеспечение, установленное на различных единицах транспортного парка

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) анализ и изучение ряда выполняемых функций автоматизированной системой диспетчеризации;
- б) описание и определение преимуществ использования автоматизированной системы диспетчеризации на месторождении (на буровых установках, на экскаваторах и т.д.);
- в) расчет экономической целесообразности использования автоматизированной системы диспетчеризации на месторождении.

Рекомендуемая основная литература: 7 наименований



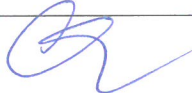

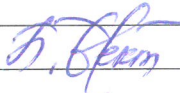
## ГРАФИК

### Подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Анализ программного обеспечения автоматизированной диспетчеризации	15.01.2021	
Общие данные об объекте исследования, изучение применения АСД на месторождении	25.01.2021	
Изучение отдельных конфигураций АСД на различных единицах транспортного парка	04.02.2021	
Экономические расчеты прибыли применения АСД на месторождении	14.02.2021	

## Подписи

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

Наименование разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Общие данные об объекте исследования	Турсбеков С.В. профессор, д.т.н.	10.06.2021	
Обзор программного обеспечения автоматизированной системы диспетчеризации Leica Jigsaw	Турсбеков С.В. профессор, д.т.н.	10.06.2021	
Компоненты и модули программного обеспечения Leica Jigsaw	Турсбеков С.В. профессор, д.т.н.	10.06.2021	
Расчет экономической прибыли применения программного обеспечения на месторождении	Турсбеков С.В. профессор, д.т.н.	10.06.2021	
Нормоконтроль	Бектур Б.	10.06.2021	

Научный руководитель \_\_\_\_\_  Турсбеков С.В.

Задание принял к выполнению магистрант \_\_\_\_\_  Назыров Р.С.

Дата «10» 06 2021г.

## АННОТАЦИЯ

В данной исследовательской работе рассматривается один из основных способов повышения качества управления такими сложными природно-технологическими системами, как открытые разработки месторождений – использование новых информационных и навигационных технологий.

Особенно актуально использование для управления открытыми горными работами навигационных технологий в связи с интенсивным развитием систем спутниковой навигации. Создание единого информационного пространства для решения задач обмена информацией и позиционирования объектов карьерного пространства для решения всего комплекса задач мониторинга горного и транспортного оборудования и других объектов карьерного пространства в единой системе беспроводной передачи данных в производственные подразделения горных предприятий позволит обеспечить все производственно-технологические подразделения оперативной информацией о текущем состоянии всего комплекса горных и подготовительных работ, что значительно поднимет уровень информатизации всего горного производства и позволит существенно повысить экономическую эффективность управления процессами горных работ.

## АҢДАТПА

Бұл зерттеу жұмысында күрделі табиғи-технологиялық жүйелердің бірі болып саналатын ашық кен орнын игеру процесін басқарудың сапасын арттырудың негізгі әдістерінің бірі – жаңа ақпараттық және навигациялық технологияларды қолдану қарастырылады.

Әсіресе, жерсеріктік навигация жүйелерінің қарқынды дамуына байланысты ашық тау-кен жұмыстарын басқаруда навигациялық технологияларды қолдану өзекті мәселелердің бірі болып саналады. Ақпарат алмасу мәселелерін шешуде және кеніш кеңістігіндегі нысандарды позициялау мақсатында, кеніш кеңістігіндегі тау-кен және көлік жабдықтарын, сонымен қоса басқа да нысандарды бақылау мәселелерін шешу мақсатында тау-кен мекемелерінің өндірістік бөлімшелеріне бірыңғай сымсыз ақпарат тасымалдау жүйесінде бірыңғай ақпараттық кеңістікті құру – тау-кен және дайындық жұмыстарының ағымдағы жағдайы бойынша барлық өндірістік-технологиялық бөлімшелерді жедел ақпаратпен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде тау-кен өндірісін ақпараттандыру деңгейін көтереді, сонымен қатар тау-кен жұмыстарын басқару процестерінің экономикалық тиімділігін біршама арттыруға мүмкіндік береді.

## ANNOTATION

This research work addresses one of the main methods to improve the quality of management of such a complex natural and technological system as open pit mining - the use of new IT and navigation technologies. The use of navigation technologies for the management of the open pit mining is especially relevant due to the intensive development of satellite navigation systems.

Creation of a unified infosphere for solving the problems of information sharing and positioning of objects within the mine to handle the entire complex of tasks in regard of monitoring of mining and haul equipment and other objects within the mine in a unified system of wireless data transmission to production departments of the mine will provide all the production and technological departments with actual information about the current state of the entire complex of mining and axillary works, which will significantly raise the level of informatization of the entire mining industry and will significantly increase the economic efficiency of the management of mining processes.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Общие данные. Физико-географическое и геологическое описание объекта исследования	5
1.1 Географо-экономические условия месторождения	5
1.2 Геологическое строение месторождения	10
1.3 Инженерно-геологические и горнотехнические условия месторождения	21
1.4 Запасы месторождения	23
2 Программное обеспечение LeicaJigsaw	25
2.1 Обзор программного обеспечения автоматизированной диспетчеризации LeicaJigsaw	25
2.2 Компоненты и модули программного обеспечения LeicaJigsaw	34
2.3 Подготовленность технического персонала для работы с программным обеспечением Leica Jigsaw	35
3 Комплексная оптимизация и управление транспортным парком	37
3.1 Конфигурация оборудования LeicaJ2Shovel	37
3.2 Конфигурация оборудования LeicaJ2Dozer	40
3.3 Конфигурация оборудования LeicaJ2Drill	42
4 Расчет экономической прибыли применения программного обеспечения на месторождении	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	60



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Одним из основных способов повышения качества управления такими сложными природно-технологическими системами, как открытые разработки месторождений, является использование новых информационных и навигационных технологий. Особенно актуально использование для управления открытыми горными работами навигационных технологий в связи с интенсивным развитием систем спутниковой навигации. Создание единого информационного пространства для решения задач обмена информацией и позиционирования объектов карьерного пространства для решения всего комплекса задач мониторинга горного и транспортного оборудования и других объектов карьерного пространства в единой системе беспроводной передачи данных в производственные подразделения горных предприятий позволит обеспечить все производственно-технологические подразделения оперативной информацией о текущем состоянии всего комплекса горных и подготовительных работ, что значительно поднимет уровень информатизации всего горного производства и позволит существенно повысить экономическую эффективность управления процессами горных работ [1].

В связи с этим тема диссертационной работы «Оптимизация производства работ с помощью внедрения инновационных технологий в горной промышленности» является актуальной.

**Объектом исследования** являются процессы горных работ на месторождении Актогай.

**Предметом исследования** является автоматизированная система управления горнотранспортным комплексом Leica Jview Jmineops.

**Целью работы** является оптимизация производства горных работ на месторождении Актогай с помощью внедрения автоматизированной системы управления компании Leica Geosystems Mining.

**Методы исследований.** При выполнении работы использовался комплексный метод исследований, включающий анализ данных по автоматизированной диспетчеризации и сравнение использования инновационных технологий в горной промышленности.

### **Задачи исследований:**

Для определения преимущества автоматизированной технологий в производстве автором предусмотрено решение следующих задач:

- изучение ряда выполняемых функций по автоматизированной диспетчеризации;
- описание и определение преимущества автоматизированной системы диспетчеризации при использовании на буровой установке, на экскаваторе, на бульдозере высокоточной программы Leica Jigsaw;
- мониторинг горного и транспортного оборудования и других объектов карьерного пространства в единой системе беспроводной передачи данных в производственные подразделения горных предприятий.

### **Научные положения, выносимые на защиту:**

1. Создание единого информационного пространства позволит обеспечить все производственно-технологические подразделения оперативной информацией о текущем состоянии всего комплекса горных и подготовительных работ, что значительно поднимет уровень информатизации всего горного производства и позволит существенно повысить экономическую эффективность управления процессами горных работ.

2. Автоматическая диспетчеризация горного предприятия позволяет производить расчёт оптимальных маршрутов движения автосамосвалов с учетом изменения внешних факторов движения, таких как перекрытие участка дороги, поломка одного из экскаваторов, корректировка плана грузоперевозок, изменение количества автосамосвалов на линии.

**Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в работе,** подтверждается сопоставлением теоретически рассчитанных с фактически достигнутыми объемами добычи.

### **Личный вклад автора:**

1. Изучен вопрос по оптимизации работ с использованием автоматизированной системы диспетчеризаций

2. Проведены расчеты по уменьшению затрат времени на выполняемые работы при использовании автоматизированной системы диспетчеризации.

3. Выявлены ряд преимуществ при использовании автоматизированной системы диспетчеризации.

**Публикации и апробация работы.** Результаты исследований опубликованы в сборнике и докладывались на международных Сатпаевских чтениях (Алматы, апрель 2021г.) в КазННТУ им. К.И.Сатпаева.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка из 16 наименований и содержит 60 страниц машинописного текста, 29 рисунков, 8 таблиц.

# 1 Общие данные. Физико-географическое и геологическое описание объекта исследования

## 1.1 Географо-экономические условия месторождения

Объектом исследования данной магистерской диссертации было выбрано месторождение Актогай (рис.1).

Актогай, второй крупный проект по добыче меди группы «KAZ Minerals», расположен в Восточно-Казахстанской области. Общие запасы руды – 1 719 млн. тонн с содержанием меди 0,33 %.



Рисунок 1 – Карьер Актогайского ГОК

Проект включает в себя рудник и обогатительную фабрику. Актогайское рудное тело состоит из месторождения окисленных руд, залегающего над сульфидным месторождением. Последние залежи также содержат молибден в качестве попутного компонента. Срок эксплуатации рудника и обогатительной фабрики на месторождении Актогай составит свыше 50 лет.

Основной стратегической целью проекта Актогай является увеличение материально-сырьевой базы компании и увеличение производства медного концентрата, что позволит компании «KAZ Minerals» сохранить свое место среди десяти крупнейших производителей меди в мире. Разработка месторождения Актогай не только обеспечит компанию «KAZ Minerals»

сырьем на более, чем 70 лет, чтобы заменить истощающиеся запасы руды на действующих горных предприятиях, но, что более важно, создаст основу для дальнейшего органичного роста в данном регионе.

Помимо этого, проект Актогай предоставляет компании «KAZ Minerals» уникальную возможность наладить и реализовать стратегическое партнерство с другим инвестором, которое может быть максимально использовано для вывода медного катода и концентратов Актогай на другие рынки сбыта и переработки, а не только для внутреннего использования. Крупная сырьевая база Актогай, длительный срок эксплуатации рудника, и близость к Китаю дают уникальную возможность для того, чтобы стать производителем медного концентрата и удовлетворять дополнительные потребности Китая в меди. Месторасположение Актогай обеспечивает низкую стоимость железнодорожной перевозки концентрата в Китай.

Проектом строительства Актогайского ГОКа предусмотрено развитие социальной сферы Аягоского района. В частности, возведение детского сада, капитальный ремонт поликлиники, строительство пришкольного интерната, Дома детского творчества, приобретение здания и проведение ремонта под профессионально-техническое училище (705,0 млн. тенге). Также будет оказано содействие материально-технической базы коммунального хозяйства п. Актогай (30,5 млн тенге). Построен полигон твердо-бытовых отходов (35 млн тенге), произведен ремонт моста в п. Актогай через железнодорожный переезд (10 млн тенге). Всего «KAZ Minerals» на развитие социальной сферы потрачено 780,5 млн. тенге.

Проектом промышленной разработки (ППР) предусматривается добыча окисленных и сульфидных руд с их переработкой на промплощадке Актогайского ГОКа. Из окисленных руд методом кучного выщелачивания будет производиться катодная медь в количестве до 25 тыс. т в год в местном электролизном цехе. Сульфидная руда в количестве 25 млн.т/год перерабатывается на местной обогатительной фабрике. Медный (около 400 тыс.т/год) и молибденовый (около 4,5 тыс.т/год) концентраты отправляются потребителям железнодорожным транспортом. Всего «KAZ Minerals» на развитие социальной сферы потрачено 780,5 млн. тенге.

Молибден-меднопорфировое месторождение Актогай по административному делению находится на площади Аягоского района Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан (рис.2).

Месторождение находится в благоприятном регионе с точки зрения географического расположения и экономических условий неподалеку от транспортных и энергетических коммуникаций.

Месторождение Актогай находится в 25 км к востоку от железнодорожной станции Актогай, с которой оно связано автомобильной дорогой. Станция Актогай по асфальтированной дороге II класса имеет выход (86 км) на автодорогу Алма-Ата - Усть-Каменогорск.

Железная и автодорога Актогай-Саяк обеспечивают прямую связь с БГМК, расстояние до г. Балхаша по которым составляет 420 км. От станции Актогай идет железнодорожная ветка на станцию Достык на границе с Китаем.



Рисунок 2 – Схема расположения месторождения Актогай

Численность населения поселка Актогай приблизительно 7000 человек. Районный центр Аягоз с численностью населения 36725 человек расположен в 150 км к северо-востоку.

Актогай обладает хорошо развитой местной транспортной инфраструктурой. Участок Актогай соединен служебной железнодорожной веткой, построенной компанией Казахмыс, с железнодорожным узлом в поселке Актогай.

В Восточном Казахстане преобладает континентальный сухой климат с сильными ветрами, высокой интенсивностью испарения и сравнительно небольшим количеством осадков. На температуру воздуха летом влияют сухие горячие ветра, дующие из пустынь Средней Азии. На температуру зимой влияют холодные потоки воздуха, приходящие с Северного Ледовитого океана, что может продолжаться до пяти месяцев. Январь - самый холодный месяц, когда средняя температура может колебаться от  $-8^{\circ}\text{C}$  до  $-20^{\circ}\text{C}$ . Июль - самый жаркий месяц со средней температурой от  $15^{\circ}\text{C}$  до  $30^{\circ}\text{C}$ . Экстремальные температуры, зарегистрированные в этом районе: минимальная  $-41,1^{\circ}\text{C}$  в январе и максимальная  $+42,4^{\circ}\text{C}$  в августе. Небольшие контрасты дневных температур масс воздуха приводят к ясной погоде и незначительной облачности.

Среднегодовой уровень выпадения осадков в этом районе составляет 227 мм. При общем низком среднемесечном выпадении осадков, в летние месяцы ожидается их минимальное увеличение (свыше 20 мм в месяц). Наивысший уровень выпадения осадков ожидается летом и осенью (более 80 мм в месяц). Значительные снегопады можно ожидать с поздней осени до ранней весны (октябрь - март). Самый высокий среднемесечный уровень выпадения снега

может достигнуть 18 мм (что соответствует глубине снежного покрова в 72 мм, при отношении твердого снега к мокрому 4:1). Самое большое выпадение мокрого снега - 75 мм (300 мм замерзшего снега) - можно ожидать в конце зимы.

Район месторождения является частью северного обрамления Балхаш-Алакульской депрессии и представляет собой обширную равнину с развитием гряд пологих сопок и мелких соленых озер и такыров между ними.

В регионе преобладает ветреная погода, с основным направлением ветров с юго-запада. Самые сильные ветра приходятся на весенние месяцы (март - май), а самая тихая погода - на зимние месяцы (декабрь - февраль). Сильные ветра приводят зимой к буранам, а в теплое время года к пылевым бурям. Ветры в течении года преобладают северные и северо-восточные, летом бывают южные и юго-западные ветры. Их средняя скорость 3-5 м/с. Сильные ветры со скоростью до 20 м/с возможны в любой из сезонов - летом они вызывают пыльные бури, а зимой метели.

Гидрографическая сеть района проектирования представлена реками Аягуз, Карасу, Тансык, озёрами Колдар, Кошкар, Ешиге.

Реки в районе проектирования в основном пересыхающие. Их преобладающая ширина в период наибольшего обводнения, совпадающая с весенними месяцами, 10-40 м, глубина 0,5-2,0 м, при скорости течения 0,1- 0,7 м/с. Встречаются участки реки Аягуз с подземным течением протяжённостью до 10 км. Озёра Колдар и Ешиге, расположены севернее месторождения, на расстоянии 8 и 4 км, соответственно. Данные озёра маловодные, солёные, берега низкие, пологие, солончаковые. В озеро Колдар впадает пересыхающая река Тансык. Озеро Кошкар расположено западнее месторождения на расстоянии около 10 км от него, мелкое, солёное, иногда полностью пересыхающее, дно солончаковое. На юго-западе на расстоянии около 40 км по прямой от пос. Актогай расположено озеро Балхаш. Озеро судоходное, глубина озера до 8 м, восточная часть озера солёная. Ближайшая река Аягуз протекает в 30 км к западу от месторождения. На этом участке она не имеет постоянного стока, распадается на отдельные плесы. Более мелкие речки – Ай, Баканас и Тансык также непостоянны и маловодны и не могут служить источником водоснабжения. По долинам рек располагаются сенокосные угодья.

Растительность полупустынная и пустынная, растительный покров разреженный, состоит из засухоустойчивых многолетних злаков (ковыль и типчак), низкорослых кустарников (полынь, верблюжья колючка, различные виды солянок) и кустарников (боялыч, карагана, тамариск) высотой 1-2 м. По рекам Аягуз и Тансык, по берегам озера Балхаш встречаются высокие камышовые заросли.

Рельеф местности в районе промплощадки мелкосопочный (горы Колдар). Склоны сопки с углами наклона 10-15°, отметки рельефа колеблются от 360 до 470 м. Относительное превышение высот 30-50 м. В зоне промплощадки распространены коренные интрузивные и вулканогенные породы, представленные скальными туфопесчаниками, гранитами, базальтами, порфиритами, конгломератами и другими разностями. Мощность коренных по-

род измеряется сотнями метров. В верхней части они выветрелые, трещиноватые, с поверхности покрытые чехлом четвертичных отложений - суглинками, древесно-щебёнистыми грунтами мощностью около нуля на сопках и порядка 2,0 м на склонах.

Грунтовые воды залегают близко к дневной поверхности (от 2 до 6 м), слабосолёные, агрессивны к бетонам.

Согласно СНиП РК 2.04-01-2001, карте климатического районирования и карте зон влажности, район проектирования относится к III-A району с сухой зоной влажности.

Со времени приобретения прав на недропользование месторождения Актогай в 2004 г. ТОО «Корпорация Казахмыс» провела геологоразведочные работы по уточнению типов окисленных руд для проектирования комплекса кучного выщелачивания, построила ЛЭП – 220кВ от Каргрэс (г.Топар) до ст. Актогай, временную подъездную автомобильную дорогу от существующей автомобильной дороги Актогай – Учарал до месторождения, подъездную железную дорогу от железнодорожной станции Актогай до промплощадки будущего ГОКа. На промплощадке построены вахтовый поселок, электроподстанция 110/10кВ и промбаза, включающая три ангара и два подъемных крана (рис.3) [2].



Рисунок 3 – Схема производственной площадки

## 1.2 Геологическое строение месторождения

Месторождение Актогай располагается в восточной части вулканического глубинного пояса, который простирается вдоль северной части озера Балхаш и содержит несколько медно-порфировых месторождений, включая месторождение Коунрад недалеко от озера Балхаш, которое разрабатывается с 1934 года и где уже добыто 1000 млн. тонн руды с содержанием меди в 0,55%. Схематическая геологическая карта (рис.4) протяжение этого вулканического глубинного пояса и местоположение известных медно-порфировых, молибдено-порфировых и скарновых месторождений и залежей.

Для построения геологической карты использовалась государственная геологическая карта территории масштаба 1:200000 (М.Б.Стааль, 1958; А.А.Розенкранц, 1959) отредактирована в 1979 году (Л.М.Скляренко и др.). Район месторождения закартирован и опробован в масштабе 1:50000 (М.Б. Мычник и др., 1976). Рудное поле картировалось в 1975-1978 гг. в масштабе 1:10000 (А.М.Красников и др., 1979). В данном отчете материалы геологической съемки масштаба 1:10000 трансформированы в масштаб 1:25 000. Участок месторождения картировался в масштабе 1:2000 исполнителями Актогайской ГРП в 1975-1979 гг. (В.К. Щульга, Б.С.Варновских, П.Н.Сметливый, Л.А. Сергеев, В.Ф.Зябкин). Окончательный вариант карты, увязанный с разрезами, погоризонтными планами с учетом массового пересмотра шлифов и переинтерпретации геофизических материалов составлен В.Ф.Зябкиным и Т.М.Волькиной. Материалы геологической съемки масштаба 1:2000 трансформированы в масштаб 1:5000.

При составлении геологических карт всех масштабов использовались материалы аэрофотосъемки и результаты дешифрирования космо- и аэрофотоматериалов (Ф.М. Ибрагимов и др., 1979), а также результаты интерпретации материалов площадных геофизических работ ЮККГГЭ масштабов 1:50 000-1:10 000. Комплексная интерпретация материалов геофизических работ осуществлялась на ЭВМ КОМЭ Мингео КазССР.

В течение 1975-1979 гг. изучением геохимии и вещественного состава руд и вмещающих пород занимались сотрудники КазНИИМСа и ИМГРЭ (А.И.Полетаев, Е.М.Поплавко и др.; Б.Кайрамбаев, 1979).

Эндогенные ореолы рассеяния изучались ЦКГТЭ (Ф.Ф.Митрофанский, Р.А.Ивлев).

Вопросы геолого-структурной позиции рудного поля и месторождения изучались сотрудниками КазНИИМСа (А.И.Полетаев и др., 1979), ЦНИГРИ (А.И.Кравцов и др., 1978) и Илийской геофизической экспедиции ЮКТГУ

(В.А.Боронаев, 1979). Глубинное строение рудного поля освещено сейсморазведкой МОВ (Н.В.Осинин и др., 1979) и методом заряда (Ю.А. Калашников и др.). Через восточную оконечность рудного поля в 1979 году прошел профиль ГСЗ Талды-Курган-Усть-Каменогорск (ИФЗ АН КазССР).



Межскважинное пространство месторождения изучалось ЮККГГЭ методами электрической корреляции, а в опытном плане – методами КСПК и радиопросвечивания.

В полном объеме проводился каротаж скважин методами КС, ВП, КМВ, ГК и инклинометрии. Проведены значительные объемы резистивиметрии, расходомерии, термометрии, рентген-радиометрический каротаж на медь, плотностной гамма-гамма-каротаж, опытные работы по оценке методом РРК содержания калия, урана и тория, а также железа и втора. Прочностные свойства пород дополнительно изучались методами сейсмоакустического каротажа (КазВИРГ, Р.В.Калашников, 1980). Широко использован фототелевизионный каротаж стенок скважин (КазПТИ. К.К.Баталов, 1980).

Границы Актогайского рудного поля определяются морфологией Колдарского интрузивного массива и зоной его экзоконтактов с отложениями керегетасской свиты. Обнаженная часть массива фиксирует ядро Колдарской горст-антиклинали, крылья которой сложены вулканогенно-осадочными и вулканогенными отложениями колдарской, кзылкиинской и бакалинской свит. По отношению к Колдарскому массиву все они являются более молодыми.

Геологические и геофизические данные показывают, что Колдарский интрузивный массив представляет собой лакколит, состоящий из диорита и гранодиорита. Открытая часть этой интрузии простирается с запада на восток примерно на 17 км и занимает площадь в 75 км<sup>2</sup>. С двух сторон месторождения Актогай, внутри того же массива, находятся два сопутствующих медно-порфировых месторождения: Айдарлы, 3 км на западо-северо-запад, и Кызылкия, 5 км на восток-северо-восток. Геофизические данные показывают, что лакколит утолщается и распространяется по площади в 216 км<sup>2</sup> на глубине от 1 до 2 км ниже его открытой вершинной части, а затем резко уменьшается в размерах, переходя в три жилы. Основная жила расположена между Айдарлы и Актогай и простирается на глубину по крайней мере 4,7 км. Подъем магмы выгнул крышу интрузивного массива и сформировал горст-антиклиналь. Позднее небольшая кальдероидная депрессия сформировалась к востоку от основной жилы. Кальдера охватывает площадь в 5,5 км<sup>2</sup>, включая большую часть месторождения Актогай; она заполнена вулканическими и осадочными породами Керегетасской свиты толщиной до 600 м, что получило название Центрально-Актогайский ксенолит.

Расположение Колдарского интрузивного массива и связанная с ним гидротермальная активность структурно контролировались образованием разломов, связанных с возникновением зоны разломов Актогай, которая имеет направление 290°, и с образованием разломов, ориентированных примерно на 060°. Месторождения Айдарлы и Актогай находятся в зоне разломов Актогай, в то время как месторождение Кызылкия находится в зоне разломов Икбасс, ориентированной на северо-восток.

В современном эрозионном срезе Колдарский массив имеет линзовидную форму и вытянут в субширотном направлении. Размеры массива 17x4 – 8 км,

площадь – 75 км<sup>2</sup>. Осевая линия его изогнута в северном направлении. По данным интерпретации грави- и магниторазведки, а также сейсморазведки МОВ массив имеет форму лакколита с сильно опущенным южным крылом и четко выраженным подводющим каналом, расположенным со стороны висячего бока глубинного шовного разлома актогайского направления. Шейка лакколита прослеживается до глубины 4,7 км. На глубине около 4 км корневая часть в сечении имеет форму эллипса, площадью около 4 км<sup>2</sup>. Проекция этого элемента массива на современную поверхность приходится на участок между месторождениями Актогай и Айдарлы. С глубины 3 км нижняя кромка массива выполаживается, а сам массив залегает субсогласно в вулканитах керегетасской свиты, имеющих мощность до 2500-2600 м. Кроме отмеченного подводщего канала в восточной и западной частях лакколита, намечается еще два более мелких сходных прогиба подошвы. Наиболее резкое изменение глубины нижней кромки интрузии отмечается к востоку от её корневой части. В непосредственной близости от месторождения Актогай она сокращается с 3 до 2 км, а далее к востоку, возможно, до 500 м. По данным интерпретации материалов геофизических методов разведки глубинные части западного фланга лакколита, а также его восточная часть сложены более кислыми разновидностями, вероятно гранодиоритами, площадь развития гранитоидов повышенной основности составляет на разных уровнях от 20 до 35%. Собственно граниты приурочены к северной части лакколита, без четко выраженной корневой части. Площадь их составляет 14 км<sup>2</sup>, а на глубине 0,5-1 км – до 58 км<sup>2</sup>. Большая часть массива не обнажена – проекция всех его глубинных частей на дневную поверхность составляет 216 км<sup>2</sup>.

В центральной приповерхностной части лакколита, к востоку от его подводщего канала, обнажается останец вулканогенных и осадочно-вулканогенных отложений керегетасской свиты (“Центрально-Актогайский ксенолит” по Ю.К.Кудрявцеву (1979)), имеющий вертикальную мощность до 600 м. Площадь ксенолита около 5,5 км<sup>2</sup>. Группа исследователей КазНИИМСа (Полетаев.А.И.1979) рассматривает его как чашеобразную вулканотектоническую депрессию. Более мелкий ксенолит известняков, предположительно средне-верхнедевонского возраста, обнажается в районе поселка геологоразведчиков, к северу от корневой части интрузии. Площадь его составляет 0,2 км<sup>2</sup>.

Жильные породы комплекса проявлены сравнительно умеренно. Они представлены диоритовыми и диабазовыми порфиритами, кварцевыми и дацитовыми порфирами. Специфическую группу представляют малые тела и дайки гранодиорит-порфиров с мелкозернистым и плагиогранит-порфиры - со стекловатым базисом, а также крупные дайкообразные тела гранитов участков Айдарлы. Наиболее поздние жильные образования, возможно, уже пермские, представлены пострудными диабазовыми и андезитовыми порфиритами.

Колдарский массив считается комагматичным с керегетасским вулканогенным комплексом. Время его формирования устанавливается достаточно уверенно как верхний карбон.

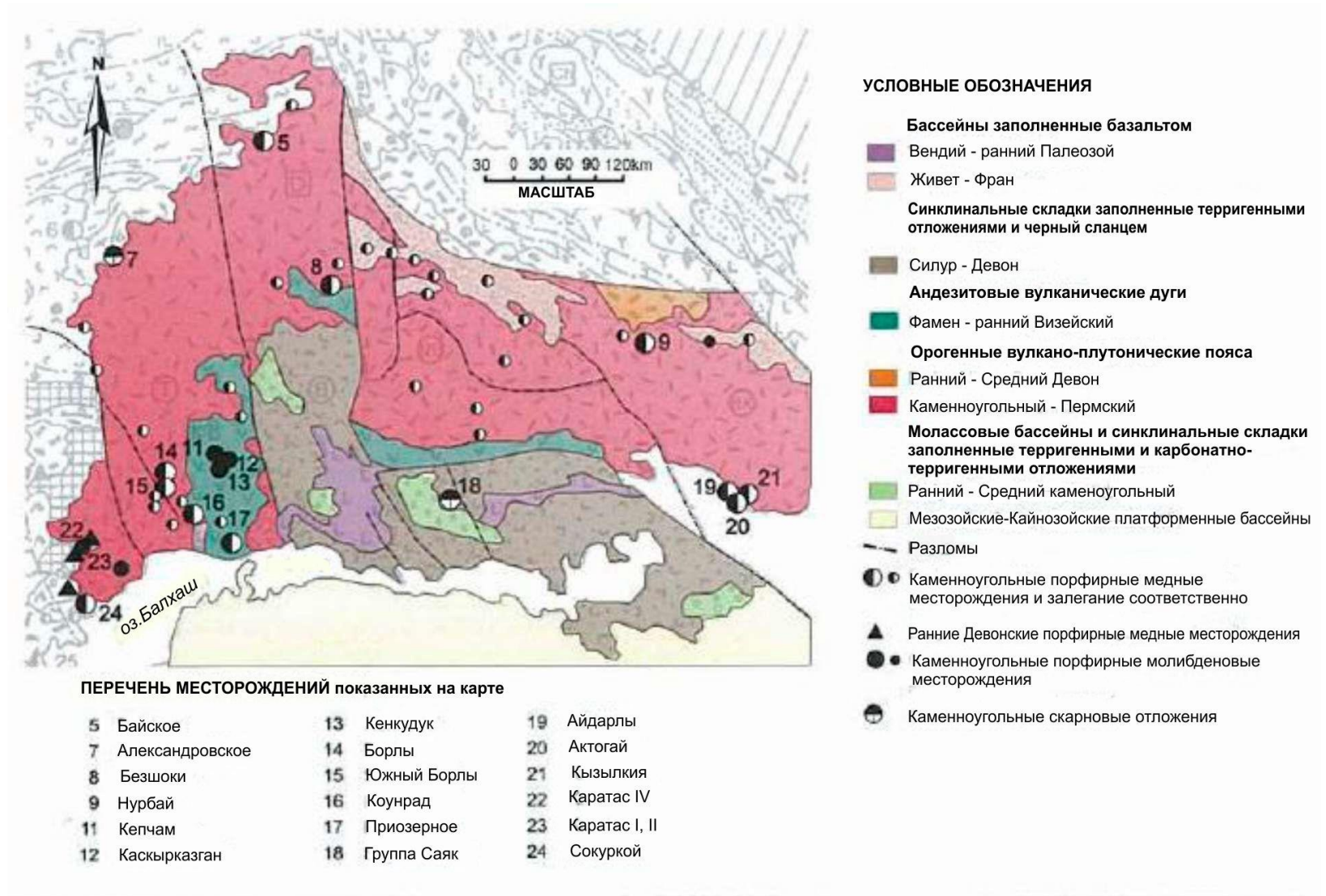


Рисунок 4 – Схематическая геологическая карта Балхашского вулканического глубинного пояса (по Кудрявцеву, 1996 г.)

Строение рудного поля обусловлено наличием крупных долгоживущих разрывных нарушений актогайского (субширотного), колдарского (северо-восточного) и северо-западного направлений. Наиболее значительны амплитуды вертикального смещения по разрывам колдарского направления, достигающие сотен метров. К югу от Актогайского месторождения (0,7 км) по данным скв.18/121 южная (слепая) часть Колдарского массива опущена по Южному Колдарскому разлому более чем на 500 м амплитуда смещения по Главному Колдарскому разлому превышает 140 м (А.М.Красников, 1979). По данным М.Б.Мычника (1979) эти разломы смещают отложения палеогена и отчетливо фиксируются в современном рельефе. Смещения по разломам актогайского направления менее значительны, хотя по данным космических снимков ширина зон составляет 200-400 м, а с учетом оперяющих трещин – 600-1000 м. По отношению к колдарским, зоны актогайского и северо-западных направлений являются более древними.

Принадлежность штокверка месторождения Актогай к генетической и геолого-промышленной меднопорфировой формации ни у кого из исследователей не вызывает сомнений. Работами КазИМСа (Е.Т.Елькин, А.И.Полетаев и др., 1979) показано, что по геолого-структурной позиции, особенностям морфологии штокверка, его внутреннего строения, вещественного состава и технологическим свойствам руд, а также изменениям рудовмещающих пород, оценкам температур и давлений при минералообразовании, степень сходства месторождения Актогай с месторождениями Коунрад и Алмалык генотипами формации – очень велика.

В данном разделе отмечены только геолого-генетические особенности месторождений Актогай, Айдарлы и Кызылкия, которые могут быть использованы для оценки этих объектов, а также дальнейших поисков в пределах Актогайского рудного поля и Актогай-Тайсойганской части Балхашского пояса медных месторождений:

1. Повышенный уровень содержания молибдена в Актогайском, Айдарлинском и Кызылкинском рудных штокверках позволяет рассматривать эти объекты как молибден-меднопорфировые (Попов В.С., 1977) и обратить внимание на возможность выявления тел с ведущей ролью молибдена в экономической ценности руд. Характерны относительно низкие уровни содержания золота, серебра и селена.

2. Соподчиненность структурного плана общего ареала сульфидной минерализации Актогай и Айдарлы глубинным шовным тектоническим элементам длительного развития, а морфологии и внутреннего строения рудных штокверков – очаговым структурам длительного развития, сопряженным с этими глубинными зонами активации. Характерно развитие малых интрузий и даек гранодиорит-порфиров, а также зон и трубок взрывных брекчий.

3. Достаточно четко проявленная латеральная концентрическая зональность в развитии медной, молибденовой и свинцово-цинковой

минерализаций и степени паритизации руд; закономерное изменение уровня концентрации меди и молибдена с глубиной (на Актогае – снижение, на Айдарлы – повышение). Рудный штокверн Айдарлы может рассматриваться как зеркальное отражение штокверка Актогай относительно горизонтальной плоскости, проходящей через кварцевое ядро.

4. Вырождение кольцевого штокверка месторождения Актогай на глубоких горизонтах (+100-140 м) в серию линейных зон, субпараллельных глубинному разлому. По вещественному составу эти зоны, сопровождающиеся богатыми рудами в брекчиях на кварц-биотитовом цементе, могут быть сопоставлены с рудным штокверком Кызылкия.

5. Для условий Актогайского рудного поля вертикальный размах молибден-меднопорфирового оруденения может быть оценен в 1500-1600 м из расчета: штокверк Айдарлы до разведанных глубин (630 м) – верхняя полусфера штокверка (эрозионный срез 100-200 м); штокверк Актогай – нижняя полусфера, переходящая в прикорневые линейные зоны (эрозионный срез 600-700 м;); штокверк Кызылкия – линейные корневые зоны (эрозионный срез порядка 1 м).

Таким образом, разница в уровне эрозионного среза месторождения Айдарлы и Кызылкия оценивается величиной около 1 км.

6. Интенсивная глыбовая тектоника со значительными (сотни м) вертикальными и горизонтальными взаимными смещениями блоков. Неодинаковый режим развития блоков:

- размыв значительной части слабопроработанной зоны окисления на площади Айдарлинского штокверка;
- сохранность зоны окисления на всей площади Актогайского штокверка. Простая морфология этой зоны, дискомфортность ее по отношению к зеркалу подземных вод и разрывным нарушениям. Зачаточное развитие зоны смешанных руд и зоны развития вторичных сульфидов;
- увеличение глубины развития зоны окисления на востоке рудного поля (у колодца Калмакказган) до 80-90 м.

Приведенные данные ориентируют на поиск опущенных блоков, в т.ч. блоков с режимом развития, обеспечивающим формирование глубоко-проработанной зоны окисления и сопряженной с ней зоны вторичного сульфидного обогащения.

7. Рудовмещающими породами являются гранитоиды повышенной основности верхнекарбонového Актогайского комплекса формации пестрых баталитов, а также осадочно-вулканогенные отложения керегетассой свиты. Считается, что возраст оруденения не может быть моложе верхов карбона.

8. Из особенностей вещественного состава штокверков следует отметить:

а) необычно широкое развитие в штокверке и за его пределами пренита нескольких генераций (Н.М.Жуков, Л.Е. Филимонова, 1980), в т.ч. в ассоциации с халькопиритом (до 15-20% халькопирита связано с пренитом). Практическое отсутствие в рудах гипогенных сульфатов-барита и ангидрита.

б) проявления кварца со специфической «клаперной» структурой рассматриваемой рядом исследователей как индикатор ударник «шоковых» давлений порядка 10-50 кбар (Б.С. Зейлик, 1978),

в) проявление специфических гнейсоподобных образований и мигматитов.

Рудоносный штокверк месторождения Актогай расположен среди гранитоидов первой фазы Колдарского массива и распространяется на восточную часть Центрально-Актогайского ксенолита терригенно-вулканогенных пород керегетасской свиты (геологическая карта месторождения см. черт.). Принципиальной особенностью участка месторождения является кольцевой план геологических образований и рудоносного штокверка в целом, обусловленный особенностями тектонического строения. Кольцевой структурный план площади месторождения наглядно подчеркивается данными гравиразведки, электроразведки (ВП), магнитометрии и литогеохимии. Об этом свидетельствуют также геоморфологические элементы – штокверк приурочен к блюдцеобразной котловине с центральным поднятием, сложенным монокварцитами. Специфической особенностью литохимических ореолов, фиксирующих месторождение, является их собственный молибден-медный характер с оловом, вольфрамом при практическом отсутствии элементов полиметаллического комплекса (свинца, цинка, серебра, висмута).

Для участка месторождения, как и для рудного поля в целом, характерно блоковое строение, предопределенное разрывными дислокациями. В пределах месторождения выделено 11 сравнительно крупных тектонических блоков.

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| 1. Северо-западный | 7. Геофизический |
| 2. Северный        | 8. Южный         |
| 3. Буровой         | 9. Юго-восточный |
| 4. Центральный     | 10. Дальний      |
| 5. Диагональный    | 11. Колдарский   |
| 6. Восточный       |                  |

За исключением Колдарского и Дальнего, все блоки рудоносны или потенциально рудоносны.

На месторождении, как и на рудном поле в целом, явно выделяются геологические элементы субширотного запад-северо-западного направления, соподчиненные простиранию Актогайского глубинного разлома. Это направление подчеркивается простиранием вулканитов керегетасской свиты, участков развития порфировидных гранодиоритов, даек и малых тел диоритовых порфиритов, кварцевых порфиров, гранодиорит-порфиров и плагиогранит-порфиров, наконец, ориентировкой длинной оси рудоносного штокверка и серии долгоживущих разломов, нередко сопровождающихся зонами литофицированных брекчий (Актогайский, Буровой и Южный разломы). По существу те же интрузивные

тела, а также Буровой, Диагональный, Восточный и Южный разломы подчеркивают еще одну существенную особенность участка – соподчиненность структурного плана конического рудоносного штокверка и перечисленных предшествующих ему интрузивных образований. Как и рудоносный штокверк, конформные с ним в плане интрузивные образования характеризуются уменьшением площадей сечений с глубиной, что дополнительно подчеркивает единство их структурных позиций, кроме того, на месторождении с определенной четкостью выделяются разломы колдарского (северо-восточного) направления и разломы северо-западного направления.

Актогайский разлом близок к осевой плоскости рудоносного штокверка и разделяет его на Центральный и Южный блоки. Фиксируется он очень четко с поверхности и по скважинам (пр.29 – скв.47, 80, 336; пр.25 – скв. 322,26; пр.17 – скв.286, 351 и др.), а также по данным магнитометрии. Простирается разлом – СЗ  $280-310^0$ , падение в северо-восточных румбах под углами  $75-83^0$ . По данным фототелевизионного каротажа трещинная система этого разлома фиксируется в скважинах 284 9 пр.25) и 336 (пр.29). По смещению дайки плагиогранит-порфиоров в западной части месторождения (пр.9) этот разлом может рассматриваться как сброс, северное крыло которого опущено приблизительно на 150м. К востоку амплитуда смещения по нему сокращается. По смещению подошвы пачки гравелитов и песчаников в восточной части участка амплитуда вертикального перемещения по разлому составляет всего 30 м. Как и на западе, Северный приразломный блок также опущен. Разлом отчетливо зафиксирован поверхностью уровня грунтовых вод – перепад в отметках уровня воды по скважинам достигает 10-12 м при расстояниях между скважинами до 50 м. Сам разлом практически не обводнен. Аналогичного уступа в положении поверхности зоны окисления нет. Описываемое нарушение, вероятно, фиксирует один из швов регионального Актогайского разлома. Наличие в зоне данного локального разлома протяженных участков нарушенных пород, в т.ч. трубок оруденелых литофицированных брекчий, молодых пострудных даек диабазовых порфиритов, а также смещение им Диагонального разлома (пр.30,31), дают основание рассматривать Актогайский разлом как долгоживущий.

Южный разлом фиксируется по канавам, а также в скважинах 278 (пр.30), 9,273 (пр.25), 258 (пр.21), 313,201,258 (пр.19), 208 (пр.11). В плане нарушение имеет форму дуги, обращенной к югу. Падение его на север под углами от  $72-75^0$ м на востоке и до  $80^0$  - в Центральной и западной частях. По смещению даек плагиогранит-порфиоров и изменениям в положении лежащего бока штокверка (пр.29) нарушение может рассматриваться как взброс, по которому опущен Южный блок относительно Юго-восточного на 40-100 м.

*Разломы колдарского направления*

Малый Колдарский разлом ограничивает с юга Северо-западный и Северный блоки месторождения. Разлом отчетливо дешифрируется на аэрофотоснимках и отмечается в магнитном поле. Зафиксирован он в скв.283 (пр.23), 1038 (пр.21), 230 (пр.19), скважинах гидрогеологических кустов (пр.25 и 7). Падение разлома на ССЗ под углами 75-80°. Амплитуда смещения по нему значительна, что подтверждается достаточно однозначной увязкой оруденения в пр.23 и превышает 300 м. Разлом может рассматриваться как сброс с опущенным северным блоком. Наличие в зоне разлома участков древних литофицированных брекчий, сопряженных с ним даек пострудных диабазовых порфириров, повышенная обводненность разлома дают основание рассматривать малый Колдарский сброс как тектонический элемент длительного развития.

Южный Колдарский разлом ограничивает с севера блок коробчатой брахисинклинали, выполненной вулканогенно-терригенными отложениями колдарской свиты, трансгрессивно перекрывающей рудовмещающие вулканогенные и плутогенные образования керегетасской свиты и Колдарского массива. Простирается разлом СВВ 25°. Падение на юг под углом около 80°. Зона разлома отчетливо фиксируется на аэрофотоснимках, подсечена серией картировочных и поисковых скважин. Отсутствие в южном сброшенном блоке до глубин 500 м гранитоидов, непосредственно примыкающих к разлому с севера позволяет рассматривать Южный Колдарский разлом как сброс со значительной вертикальной амплитудой перемещения.

Геофизический разлом примыкает к Актогайскому разлому в западной части участка. Простирается разлом северо-восточное, падение на северо-запад под углами около 80°. Трещинная система разлома зафиксирована в скв. 249. Ограниченный этим разломом с востока Геофизический блок надвинут на Южный блок. Амплитуда смещения порядка 100 м.

#### *Разломы северо-западного направления*

Северо-западный разлом разграничивает Северо-западный и Северный блоки. Зафиксирован в скважине 327 (пр.21), а оперяющие его трещины - в скважинах 214,340,215 (пр.19), 93,234 (пр.17). Падение разлома на северо-запад под углами 70°. По геологическим построениям разлом может рассматриваться как сброс, по которому северо-западный блок поднят относительно северного. Амплитуда смещения, вероятно, значительна. С юга нарушение ограничивается Малым Колдарским разломом.

Диагональный разлом ограничивает с востока Буровой, Центральный, Южный и Юго-восточный блоки, причем для двух последних является естественной границей распространения промышленного оруденения, в том числе – богатых руд. Простирается разлом ССЗ 320-340°, углы падения 75-85° на восток. Характер и направление движения по этому разлому не ясны. Судя по морфологии продуктивного штокверка это может быть как сдвиго-сброс с опущенным восточным крылом, так и взброс или взбросо-сдвиг, по которому восточное крыло надвинуто на западное.



В настоящее время можно говорить лишь о наличии крупного горизонтального смещения по разлому с видимым перемещением интрузивных и рудно-метасоматических образований Диагонального блока на 300-500 м к северо-западу. Диагональный разлом может быть отнесен к числу долгоживущих, о чем свидетельствует приуроченность к нему зон литофицированных брекчий и подновление его, обусловившее развитие в приповерхностной части слабых инфильтрационных аномалий урана. Разлом является более древним по отношению к Малому и Южному Колдарскому разломам. Смещение его Актогайским разломом связано, вероятно, с неотектоническими движениями.

Восточный разлом северо-западного простирания дешифрируется на аэрофотоснимках, фиксируется в канавах, а также скважинах 295 (пр.29) и 299 (пр.30). Падение разлома крутое  $82-87^{\circ}$  к северо-востоку. Направление и амплитуда перемещения неясны. В пределах зоны разлома картируется удлиненный участок литофицированных брекчий, что может рассматриваться как свидетельство проявления неоднократных подвижек.

Закономерности в ориентировке трещиноватости участка месторождения удалось выявить лишь статистически с помощью обобщенной диаграммы трещиноватости, где в качестве замеров принималась ориентировка локальных максимумов 127 исходных площадок замеров (уровень – 4%). Выделяется 7 систем трещиноватости:

I.  $30^{\circ} \perp 70^{\circ}$

II.  $60^{\circ} \perp 70^{\circ}$

III.  $125^{\circ} \perp 80^{\circ}$  и  $300^{\circ} \perp 80-90^{\circ}$

IV.  $220^{\circ} \perp 75^{\circ}$

V.  $265^{\circ} \perp 35^{\circ}$

VI.  $160-170^{\circ} \perp 80^{\circ}$

VII. субгоризонтальные трещины.

Из семи выделенных систем лишь системы I и II (с азимутом падения  $30^{\circ}$ , углом падения  $70^{\circ}$  и с азимутом падения  $60^{\circ}$ , углом  $70^{\circ}$ ) соподчинены с системами макроразрывов. Первая из них согласно зонам региональных разломов актогайского направления, вторая – диагонального и восточного.

Разломы колдарского направления в элементах трещиноватости статистически не выражены.

Кварцевые прожилки с сульфидной минерализацией (халькопирит, молибденит) преобладают в трещинах систем II, III и субгоризонтальных. Молибденит «сухих» прожилков преобладает в трещинах системы V. В пределах Центрального блока преобладают волосовидные «бумажные» прожилки халькопирита, развитые по направлениям, нормальным к системам I и IV и, частично, по системе V. Для участков ограниченного развития собственно прожилковых руд характерно доминирующее проявление системы III.

Обращает на себя внимание факты частой унаследованности ориентировки нарушений сплошности массива пород в микро- и макроплане

(обычная нарушенность контактов дайковых образований), неоднократные подновления древних разломов, развитие вдоль части из них наиболее поздних даек миндалекаменных диабазовых и андезитовых порфириров, свидетельство движений по ним в новейшее время.

Тектонический каркас описанных выше разломов и направление перемещений по ним позволяют подразделить выделенные геологические блоки на поднятые и опущенные. К числу опущенных блоков относятся Северный, Центральный, Юго-Восточный, Дальний, Колдарский. Подняты Северо-Западный, Буровой, Геофизический и Южный блоки; неясна позиция Диагонального и Восточного блоков.

В геологическом строении Актогайского месторождения принимают участие вулканогенные образования керегетасской свиты среднего-верхнего карбона и интрузивные образования Колдарского массива.

Позиция рудного штокверка в геологической структуре определяется наличием элементов унаследованности с предшествующими по времени малыми интрузивными телами гранодиорит-порфиров, приблизительно совпадающими с осевой частью штокверка, а на юге – телами конформных с оруденением диоритовых порфириров. В Северо-западном блоке положение южной границы штокверка соподчинено контактам вулканитов с призматически-зернистыми диоритами и – конформных даек.

Вместе с тем рудный штокверк, являясь, очевидно, более поздним образованием, имеет отчетливые черты структуры “наложенной печати” на сконсолидированный массив рудовмещающих вулканогенно-осадочных и интрузивных фанеритовых, порфирировых и ранних жильных пород.

Унаследованность, но самостоятельность структурного плана штокверка подчеркивается секущими контактами рудного штокверка относительно малых интрузий гранодиорит-порфиров, а также отсутствием оруденения в структурной связи с изометричным телом гранодиорит-порфиров в западной части участка, хотя характер изменений здесь тождествен центру месторождения Актогай (зона штокверкового прокварцевания до монокварцитов, в связи с телом раскристаллизованных гранодиорит-порфиров).

На уровне первичных руд штокверк представляет собой зону измененных гранитоидов и труднодиагностируемых вулканитов кислого и среднего состава, содержащую внешне неэффективную молибденит-халькопирит-пиритовую, реже – молибденит-борнит-пирит-халькопиритовую минерализацию прожилково-вкрапленного, вкрапленно-прожилкового, еще реже гнездово-вкрапленного, прожилкового и брекчиевого типов.

Для Актогайского месторождения характерна традиционная концентрическая зональность в размещении предрудных метасоматитов. Наиболее широкое распространение получили пропилиты, биотитовые и кварц-калишпатовые, кварц-серицитовые метасоматиты с внутренней зоной штокверкового прокварцевания до монокварцитов. Развитию метасоматитов

предшествовало ороговикование вулканогенно-осадочных пород кергетасской свиты. Метасоматиты накладываются на все известные на месторождении породы, за исключением турмалинизированных брекчий и даек поздних базитов. Кварц-калишпатовые и обычно обрамляющие их биотитовые метасоматиты характерны, преимущественно, для центральной части, где они увязываются в овальное поле, вытянутое в северо-западных румбах, являющееся областью преимущественного развития медного и молибденового оруденения. В участках тектонической активности кварц-калишпатовые метасоматиты превращены в мигматиты с типичными структурами.

Установлено отсутствие статистически-значимой связи интенсивности метасоматических преобразований и наложенного оруденения. Ближе к периферии развиты серицит-кварцевые метасоматиты, образующие также секущие зоны в центральной части. Внешняя зона, преимущественно за пределами месторождения, - пропилиты, на севере - эпидот-амфибалитовой фации, на юге - преимущественно альбит-пренит-хлоритовой фации. Известны маломощные проявления эпидотизированных гранатовых скарнов [3].

### 1.3 Инженерно-геологические и горнотехнические условия месторождения

Актогайский горно-рудный район находится между Балхаш-Алакульской впадиной и хребтом Тербагатай (Северо-Восточное Прибалхашье) в области развития мелкосопочника, денудационных аккумулятивных равнин. Абсолютные отметки их составляют 430-470 м (г.Колдар) и 356 м (урочище Келы). В структурном отношении район расположен в пределах Баканасского синклинория Джунгаро-Балхашской складчатой системы.

Колдарский горный массив представляет собой одноименную горст-антиклиналь и прослеживается в субширотном направлении на протяжении около 35 км при ширине 10-12 км. Располагаясь в краевой части южного крыла Баканасского синклинория, Колдарская горст-антиклиналь от остальной главной части синклинория с севера и северо-запада резко ограничена крупным Колдарским разломом, который в плане дугообразно изогнут и вогнутой стороной обращен к югу. На востоке, также по крупному разлому, она граничит с Чинрауской синклиной, на юго-востоке и юге – обрамлена молодой впадиной, выполненной отложениями мезозоя и кайнозоя и уходит за пределы района.

Инженерно-геологические условия разработки месторождения Актогай обусловлены метасоматически переработанными вулканогенными и интрузивными породами, разбитыми серией тектонических нарушений в основном субширотного направления. Вмещающие осадочно-вулканогенные

породы залегают в виде останков кровли на рвущих их интрузивных образованиях. Первые представлены туфами, туфоловами и лавами кислого и среднего составов. К комплексу интрузивных пород относятся мелко- и среднезернистые диориты, диоритовые порфириты, гранодиориты. Дайковые тела представлены диабазовыми и андезитовыми порфиритами. Мощности их колеблются от нескольких метров до первых десятков метров.

Геологическое строение месторождения отличается сложными пространственными взаимоотношениями контуров как в плане, так и на разрезах. Контакты пород часто трудно уловить из-за близости вулканогенных и интрузивных пород по химизму и физическим свойствам.

К тектоническим нарушениям приурочены многочисленные зоны разновозрастных, в т.ч. литифицированных брекчий, разбивающих массив на отдельные блоки менее трещиноватых пород. Отсюда представляется возможным районирование скального массива на участки со схожими инженерно-геологическими свойствами пород, в т.ч. трещиноватостью и прочностными свойствами.

Форма рудного штокверка и глубина залегания руд предопределили разработку месторождения открытым способом до глубины 585 м. Площадь, охваченная инженерно-геологическими исследованиями, более 7 км<sup>2</sup>.

Инженерно-геологические работы на месторождении проводились в соответствии с требованиями «Методического руководства» и под научно-методическим руководством ВСЕГИНГЕО (Б.М.Гамелей, А.А. Дончук). В процессе проведения работ также были учтены рекомендации института УНИПРОМЕДЬ.

Все породы месторождения разделены на две группы:

- первая группа сложена крепкими породами с пределом прочности на сжатие более 800 кг/см<sup>2</sup>;
- вторую группу слагают породы средней крепости с пределом прочности менее 800 кг/см<sup>2</sup>.

В процессе изучения месторождения Актогай по генезису, условиям залегания и распространения были выделены шесть инженерно-геологических комплексов пород. Ниже дается описание каждого из выделенных комплексов с характеристикой физико-механических свойств:

1. Комплекс интрузивных пород среднего состава – мелко- и среднезернистые диориты, кварцевые диориты и диориты порфировидные. На месторождении они получили наибольшее развитие, слагая в основном периферию месторождения и занимая половину ее площади. Средние значения удельного и объемного весов по 167 пробам составляют соответственно 2,75 и 2,69 г/см<sup>3</sup>, пористость равна 2,01%. Прочность пород на сжатие колеблется в пределах 220-2632 кг/см<sup>2</sup>, составляя в среднем 1176 кг/см<sup>2</sup>. Прочность пород на растяжение равна 75-85 кг/см<sup>2</sup>. Угол внутреннего трения равен 340, сцепление – 282 кг/см<sup>2</sup>.

2. Комплекс интрузивных пород кислого состава – гранодиориты, гранодиорит-порфиры, развит в центральной и восточной частях

месторождения и получил относительно небольшое распространение. Комплекс охарактеризован 23 пробами. Среднее значение удельного веса равно  $2,71 \text{ г/см}^3$ , объемного веса –  $2,65 \text{ г/см}^3$ . От диоритов породы данного комплекса отличаются несколько более высоким значением прочности пород на сжатие –  $1325 \text{ кг/см}^2$ . Прочность пород на растяжение равна  $80 \text{ кг/см}^2$ .

3. Комплекс осадочно–вулканогенных пород, представленный лавами, туфолавами и туфами кислого и среднего составов, наблюдается в центре и на западе месторождения и имеет довольно большое распространение. Он охарактеризован 88 пробами. Удельный вес колеблется в пределах  $2,63\text{-}2,88 \text{ г/см}^3$ , составляя в среднем  $2,72 \text{ г/см}^3$ . Прочность пород на сжатие –  $1460 \text{ кг/см}^2$ , на растяжение –  $102 \text{ кг/см}^2$ . Угол внутреннего трения равен  $370$ , сцепление –  $306 \text{ кг/см}^2$ .

4. Комплекс даек андезитовых и диабазовых порфиритов мощностью от 1-5 м до 20-30 м развит повсеместно. Удельный вес даек порфиритов равен  $2,70 \text{ г/см}^3$ , объемный вес –  $2,67 \text{ г/см}^3$ . Характеризуются они высоким значением прочности на растяжение –  $1240 \text{ кг/см}^2$ , при относительно низком значении предела прочности на сжатие –  $953 \text{ кг/см}^2$ .

#### 1.4 Запасы месторождения

Подсчет запасов выполнен по кондициям, утвержденным ГКЗ СССР протоколом №1366-к от 29.06.1979 г, которые регламентируют:

Для подсчета балансовых запасов:

Сульфидные руды:

- бортовое содержание меди в пробе и по рудному интервалу –  $0,2\%$ ;
- минимальное промышленное содержание условной меди в подсчетном блоке –  $0,31\%$ ;
- коэффициенты для перевода в условную медь молибдена –  $6,4$ , сульфидной серы –  $0,035$ , золота –  $0,29$  (в % за г/т); серебра –  $0,012$  (в % за г/т), рения –  $0,033$  (в % за г/т). При переводе в условную медь не учитывать содержание меди менее  $0,05\%$ , молибдена – менее  $0,002\%$ ;
- минимальная мощность рудного тела –  $15 \text{ м}$ ;
- максимальная мощность внутрирудных прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчет запасов –  $15 \text{ м}$ ;
- наряду с запасами меди в балансовых запасах руд запасы попутных компонентов – молибдена, сульфидной серы, золота, серебра, рения, селена;
- подсчет запасов произвести в контурах карьера, принятых в ТЭО проекта кондиций.

Окисленные руды:

- бортовое содержание меди в пробе и по рудному интервалу – 0,2%;
- минимальное промышленное содержание меди – 0,31%;
- минимальная мощность рудного тела – 7,5м;
- подсчет запасов произвести в контурах карьера, принятых в ТЭО проекта кондиций.

Для подсчета забалансовых запасов первичных сульфидных руд:

- подсчитать отдельно и отнести к забалансовым запасы медных руд в контурах карьера при бортовом содержании меди 0,15%, а также неэкономичные к освоению запасы сульфидных медных руд, находящиеся за пределами обоснованных в ТЭО контуров карьера, при бортовом содержании меди 0,20%. Минимальная мощность рудных тел и максимальная мощность внутрирудных прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчет запасов, – 15 м.

## 2 Программное обеспечение Leica Jigsaw

### 2.1 Обзор программного обеспечения автоматизированной диспетчеризации Leica Jigsaw

Диспетчеризация – процесс централизованного оперативного контроля и дистанционного управления, с использованием оперативной передачи информации между объектами диспетчеризации и пунктом управления [4].

Современное горно-промышленное предприятие – сложная система, требующая централизованного управления. Производственные корпуса, инженерное оборудование и технологические линии нужно выстроить во взаимодействующие подсистемы – ими нужно эффективно управлять.

Одним из важнейших условий успешного использования автоматизированной системы управления производством для целей диспетчеризации является обеспечение актуальности поступающих данных. При «простой» автоматизации учета, когда пользователи обязаны «прямолинейно» вводить данные (например, о выполненных операциях или изготовленных ДСЕ) в систему автоматизации, увеличивается вероятность получения неактуальных сведений. Это происходит по разным причинам: невнимательность и ошибки, нарушение периодичности ввода данных, невнесение отклонений фактических сведений от плановых и пр. При автоматизации производственного учета важно максимально предотвратить появление подобных ситуаций.

Наиболее действенным способом повышения актуальности данных диспетчеризации являются встраивание процедур ввода данных о ходе производства в естественные процессы работы сотрудников и обеспечение сквозной прослеживаемости объектов учета в производстве.

Прослеживаемость объектов учета должны обеспечить сопроводительные документы, модифицированные для быстрой обработки машинным способом. Это могут быть, например, дополнительно указанные коды и обозначения объектов учета из базы данных автоматизированной системы в сочетании с использованием штрихового кодирования.

Сами сопроводительные документы должны при этом появляться из системы автоматизации, а не вноситься в нее с бумажных носителей. Кроме того, они должны быть связаны между собой в соответствии с принятой на предприятии методикой учета. При выполнении перечисленных условий учетные документы будут существовать одновременно и в бумажном (где это необходимо), и в электронном виде, а их обработка будет осуществляться в автоматизированной системе и служить объективным источником данных для диспетчеризации. Диспетчеризация производства будет осуществляться автоматически на основании выполняемых пользователем действий по работе с документами. Такой подход — работа «от документа» — позволяет избежать дополнительных затрат на ведение регламентированного учета одновременно

на бумаге и в информационных системах, а также сократить влияние человеческого фактора [5].

Одним из основных способов повышения качества управления такими сложными природно-технологическими системами, как открытые разработки месторождений, является использование новых информационных и навигационных технологий. Особенно актуально использование для управления открытыми горными работами навигационных технологий в связи с интенсивным развитием систем спутниковой навигации GPS/ГЛОНАСС, а также других технологий беспроводной информационной коммуникации. Автоматизированные системы управления горным производством осуществляют контроль и управление над горно-транспортным комплексом для помощи в обеспечении высокой производительности всех подразделений предприятия. Автоматизированные системы управления горным производством являются необходимостью в современном горном деле и ключевым элементом для успешного горно-обогатительного предприятия. Автоматизированная система управления горнотранспортным комплексом компании Автоматизированная диспетчеризация включает широкий набор функций, начиная с системы отчётности по оперативной информации из карьера, высокоточного позиционирования и управления техникой, и заканчивая информацией по техническому состоянию карьерной техники, и передовой системой автоматической диспетчеризации. Используя последние инновации в областях GPS-мониторинга, беспроводных широкополосных каналов связи, информационных технологий и компьютерных программ.

Преимуществами автоматизированной диспетчеризаций являются:

- Максимизация добычи
- Повышение эффективности использования оборудования
- Повышение качества технического обслуживания техники
- Достижение выбранных задач
- Увеличение срока эксплуатации шин
- Увеличение времени использования оборудования
- Увеличение времени доступности оборудования
- Увеличение производительности оборудования
- Повышение контроля качества руды
- Повышение качества технического обслуживания техники
- Снижение операционных издержек
- Увеличение срока эксплуатации шин
- Основные особенности системы
- Система высокоточного позиционирования
- Система навигации буровых станков
- Система управления складами
- Автоматическая регистрация циклов перевозки самосвалов
- Системы управления весом груза
- Мониторинг технического состояния оборудования



- Автоматическая диспетчеризация
- Отчетность по данным реального времени
- Интуитивно-понятный графический интерфейс



Рисунок 5 – Система управления Leica Jview

В число основных приоритетов компании Leica Geosystems Mining входит обеспечение высочайших стандартов качества технической документации и обучения.

Непрерывный процесс пересмотра и обновления на основе отраслевых стандартов, отзывов заказчиков и передового опыта позволяет им обеспечивать поддержку продуктов с помощью качественной документации и обучения.

Во всем, начиная с ассортимента продукции и заканчивая предоставлением поддержки, компания Leica Geosystems Mining в первую очередь руководствуется интересами заказчика. Они предлагают всеобъемлющую документацию и обучение, которые соответствуют ожиданиям заказчика и даже превосходят их.

Компания Leica Geosystems Mining является подразделением компании Leica Geosystems.

Почти 200 лет Leica Geosystems разрабатывает передовые решения в области геодезических измерений, что обеспечило ей повсеместное доверие профессионалов, стремящихся упростить работу с пространственными данными.

Семейство продуктов Leica Jigsaw компании Leica Geosystems Mining содержит ведущие в отрасли решения для управления парком оборудования, оптимизации производства и высокоточных систем наведения для горнодобывающих предприятий по всему миру.

Стандартный пакет Leica Jview Business Intelligence (BI) предоставляет готовые функции составления отчетов по данным Jmineops на месторождении. Jview предоставляет разнообразные отчеты, помогающие руководству контролировать производственные показатели и принимать обоснованные решения.

Данные Leica Jview представляются на инструментальных панелях, в статических и динамических отчетах в интернет-браузере. Их можно

просматривать на подключенных к сети компьютерах и других устройствах с интернет-браузерами, подключенных к сети Wi-Fi, в том числе на мобильных телефонах и планшетах. В стандартный пакет Leica Jview для составления отчетов входят инструментальные панели, передающие информацию почти в реальном времени, статические отчеты о текущей деятельности и отчеты об операциях, динамические отчеты для долгосрочного анализа общих показателей и кубы базы данных SSAS для специальных отчетов и углубленного анализа [6].

Семейство продуктов Leica Jview основано на технологии Microsoft SQL Server 2008 R2™ (MSQL). В набор технологий входят SQL Server, службы Reporting Services (SSRS) и службы Analysis Services (SSAS). Веб-приложение Jview предоставляет пользователю компоненты для создания отчетов, а содержимое берется с сервера отчетов. Для просмотра кубов SSAS используется Microsoft Excel™ со стандартным соединением OLE DB.

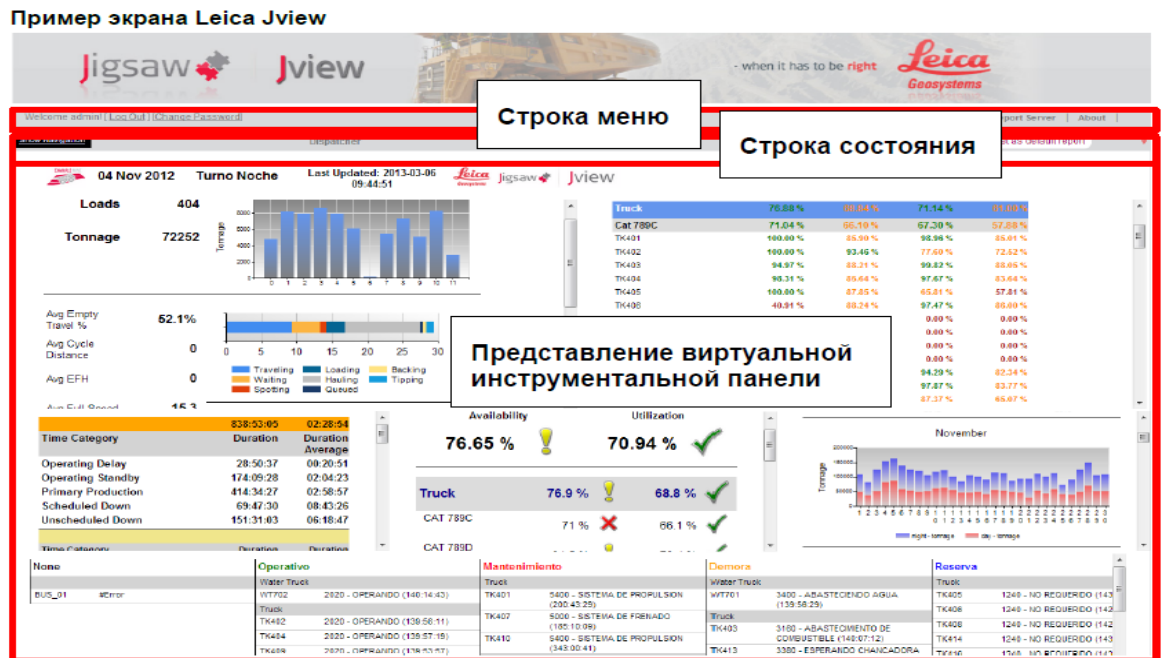


Рисунок 6 – Стандартные отчеты

Стандартные отчеты делятся на две категории: статические и динамические. Статические и динамические отчеты можно просматривать непосредственно в Jview.

– Статические отчеты имеют фиксированную структуру и предоставляют данные о производстве, обслуживании и эксплуатационных показателях по сменам, дням и неделям.

– Стандартные статические отчеты Jview создаются в службах SQL Server Reporting Services.

– Все данные для отчетов извлекаются из сводных таблиц, описанных в данном документе. Такие отчеты называются статическими, поскольку их структуру нельзя изменить.

– Динамические отчеты предоставляют данные по дням, месяцам и годам с изменяемым группированием и сортировкой по иерархии измерений в кубах базы данных SSAS для Leica Jmineops.

– Динамические отчеты Jview также создаются в службах SQL Server Reporting Services, но извлекают и отображают данные из кубов базы данных SSAS для Jview.

– Динамические отчеты поддерживают динамическую детализацию и свертку уровней представления данных и имеют динамическую структуру.

– Правила группирования можно менять, представляя данные в различных структурах [7].

В зависимости от отчета доступны различные возможности фильтрации: по смене, по бригаде, по оборудованию, по материалу, по забою и по отвалу.

Статические отчеты:

- Truck Cycles (Циклы работы самосвалов)
- Equipment Status (Состояние оборудования)
- Equipment Time Categories (Категории времени для оборудования)
- Обслуживание
- Equipment Down (Простой оборудования)
- Equipment Down - Current (Простой оборудования — текущее состояние)
- Equipment Top Ten States (Первые десять состояний оборудования)
- Fuel Detail (Данные о топливе)
- Sensor Alarms (Предупреждения датчиков)

Производство:

- Crew by Hour (Бригада по часам)
- Crew Production (Производительность бригады)
- Crusher by Hour (Дробилка по часам)
- Dozer Production (Производительность бульдозера)
- Dumps by Location (Отвалы по местоположениям)
- Material Movement (Перемещение материала)
- Shovel by Hour (Экскаватор по часам)
- Shovel Shift Summary (Сводка по экскаваторам за смену)
- Truck Haulage (Откатка самосвалов)
- Tramming Loader Haulage (Откатка перевалочных погрузчиков)
- Администрирование:
- Crew Lineup (Наряд бригад)

Динамические отчеты:

- Equipment Reasons Monthly (Месячная сводка по причинам состояния оборудования)

- Equipment Time Categories Monthly (Месячная сводка по категориям времени для оборудования)
- Material Movement Monthly (Месячная сводка по перемещению материала)
- Shovel Haulage Monthly (Месячная сводка по откатке экскаваторов)
- Truck Haulage Monthly (Месячная сводка по откатке самосвалов)

#### *Стандартные инструментальные панели*

Инструментальные панели – это средства визуализации, отображающие данные по проектным показателям, расчетным значениям и отклонениям практически в реальном времени в компактных наглядных разделах. Они позволяют оценить движение к намеченным целям и выявлять препятствия к их достижению. Некоторые разделы поддерживают детализацию щелчком для доступа к подробной информации об источниках ключевых показателей эффективности (KPI), особенно для производственного оборудования. На инструментальных панелях состояние на заданный момент времени указывается в виде учетной карты, чтобы отслеживать достижение намеченных целей с течением времени.

Как правило, набор модулей на инструментальных панелях и их расположение настраиваются в соответствии с задачами конкретного пользователя или группы пользователей. Данные выводятся в режиме, максимально приближенном к реальному времени. Предоставляемая информация позволяет немедленно принять меры. Стандартные инструментальные панели делятся на две группы: стандартные инструментальные панели отчетов и виртуальные инструментальные панели. Доступно пять стандартных инструментальных панелей отчетов и множество компонентов, из которых можно составлять виртуальные инструментальные панели. Компоненты инструментальных панелей можно настраивать и включать в виртуальную инструментальную панель.

В стандартных инструментальных панелях отчетов и виртуальных инструментальных панелях используется одно и то же содержимое, которое составляется службами Reporting Services по стандартным источникам данных.

#### *Стандартные инструментальные панели отчетов*

В системе доступно пять стандартных инструментальных панелей отчетов, представляющих собой стандартные отчеты SSRS, структура которых предусматривает постоянное отображение на экране для мониторинга.

#### *Operations (Работа)*

Инструментальная панель Operations (Работа) делится на четыре раздела: три расположены в верхней части и один занимает всю нижнюю. В производственном разделе для текущей смены показывается количество загрузок и тоннаж материала за каждый час, расчетное значение при сохранении текущих темпов и средний тоннаж в час для каждого типа оборудования. В разделе доступности и загрузки показаны настроенные



На инструментальной панели МТС отражаются те же данные, которые представлены на панели МТС в Jmineops. На ней показаны экскаваторы, отвалы и самосвалы, активные в каждом местоположении. Также показаны маршруты от экскаватора к отвалу (для откатки самосвалами) и от отвала к экскаватору (для движения порожних самосвалов) с процентом выполнения, который представлен положением самосвала на маршруте (рис. 9).

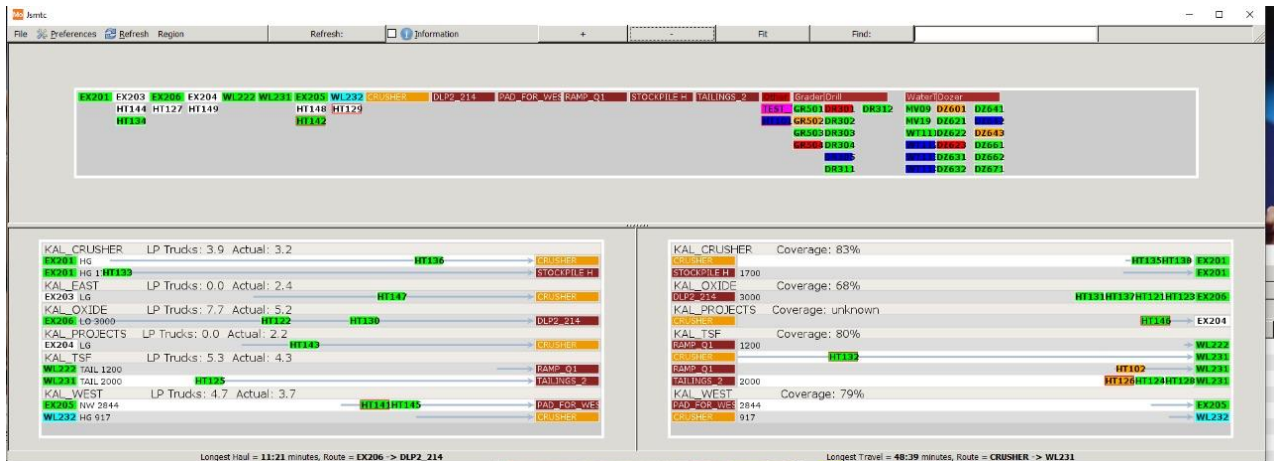


Рисунок 9 – Mine Traffic Control (Управление движением по месторождению)

*Trucks Waiting at Shovel (Самосвалы, ожидающие у экскаватора)*

Эта инструментальная панель аналогична МТС. На ней показаны самосвалы, которые в данный момент активны у экскаватора. Ниже находится диаграмма, где показано количество самосвалов, ожидающих у каждого экскаватора, за последние три часа (с интервалом в одну минуту) (рис. 10).



Рисунок 10 – Trucks Waiting at Shovel (Самосвалы, ожидающие у экскаватора)

### Tire Monitoring (Мониторинг шин)

Для месторождений, где установлен и настроен интерфейс MEMS, Bridgestone или Tyresense, на этой панели показывается температура и давление для каждой шины самосвала. Щелкните самосвал, чтобы открыть подробное представление с информацией и пороговыми значениями для шин (рис. 11, 11.1) [8].

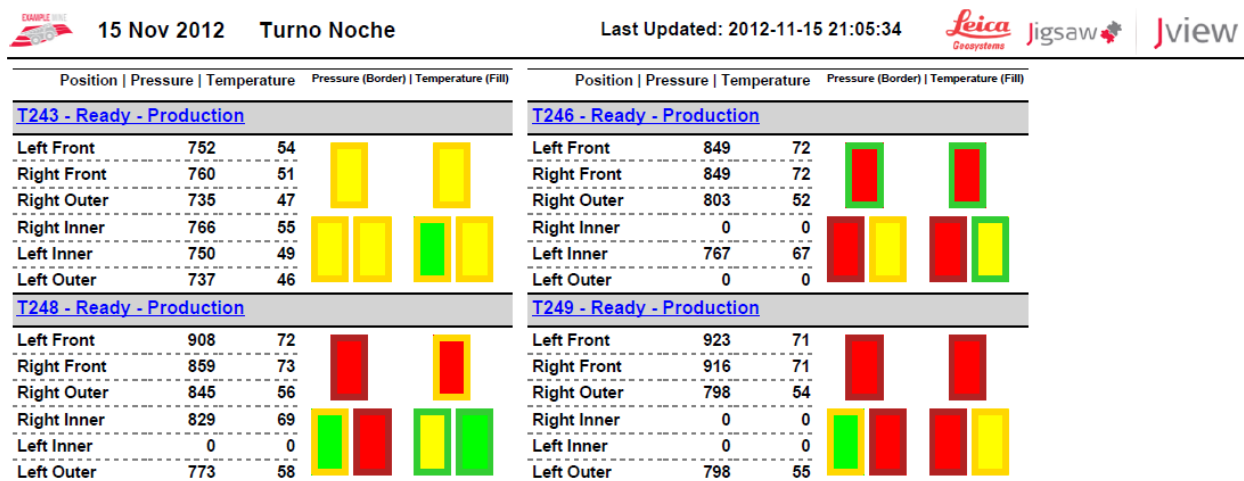


Рисунок 11 – Tire Monitoring (Мониторинг шин)

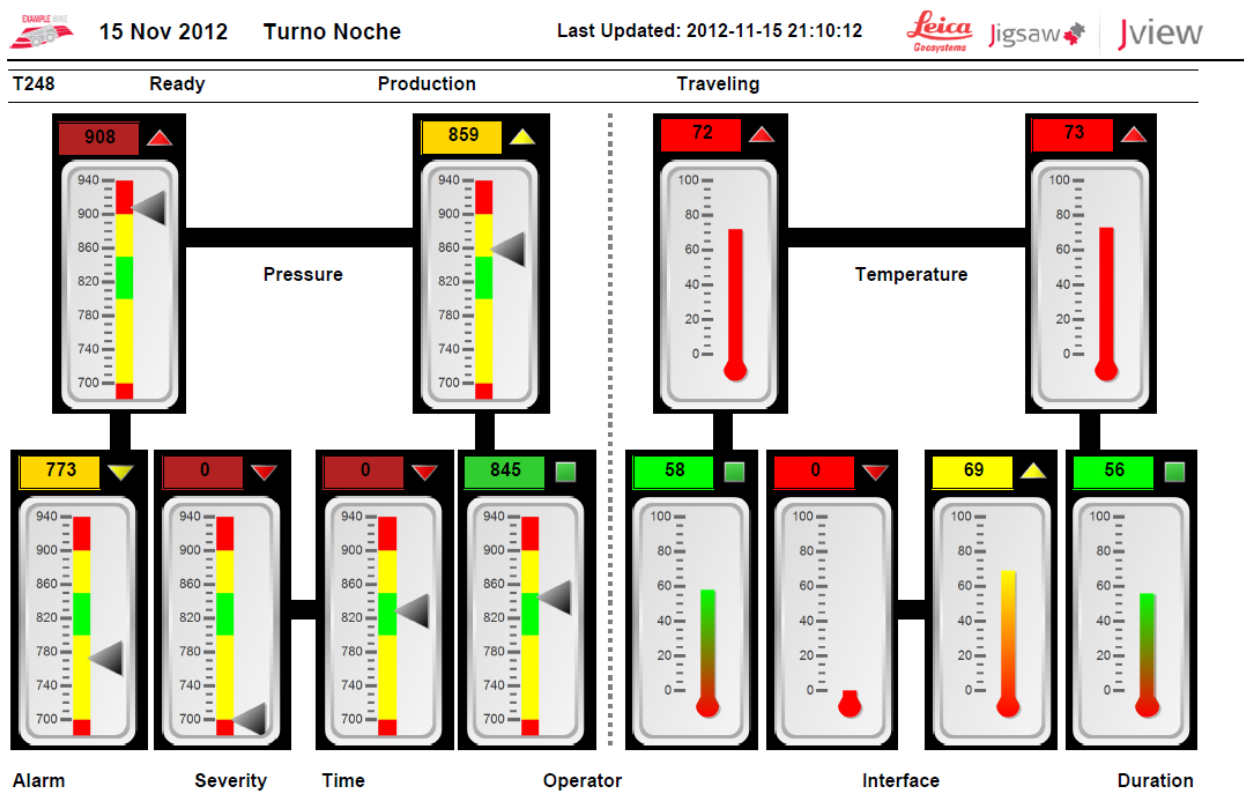


Рисунок 11.1 – Tire Monitoring (Мониторинг шин)

## 2.2 Компоненты и модули программного обеспечения Leica Jigsaw

Система Jigsaw состоит из следующих частей (рис. 12):

- JMineOPS – программное обеспечение для управления парком горного оборудования;
- JView – веб интерфейс для отчетности;
- J2Shovel – высокоточная GPS система для карьерных экскаваторов;
- J2Dozer – высокоточная GPS система для карьерных бульдозеров;
- J2Loader – высокоточная GPS система для карьерных погрузчиков;
- J2Drill – высокоточная GPS система для буровых станков;
- JTruck – низкоточная GPS система для карьерных самосвалов;
- JAuxillary – низкоточная GPS система для вспомогательной техники;
- JOptimizer – модуль оптимизации грузопотока;
- JMTC – модуль контроля грузопотока;
- BlendingModule – модуль контроля шихтовки руды;
- AssetHealth – модуль мониторинга технического состояния транспорта.

Каждый из вышеперечисленных компонентов-модулей имеют специфические им технические функции, в котором низко и высокоточные GPS системы играют основную роль [9].



Рисунок 12 – Компоненты Leica Jigsaw



### 2.3 Подготовленность технического персонала для работы с программным обеспечением Leica Jigsaw

Технология автоматизированной системы диспетчеризации, основывается на низко и высокоточном GPS, требует стабильного беспроводного сигнала связи для передачи данных между оборудованями, основным сервером и центром управления рудником – диспетчерской (рис. 13).



Рисунок 13 – Сетевая инфраструктура цифрового рудника

Посредством беспроводной связи WiMAX передаются ряд следующих данных:

- Бортовой номер оборудования;
- Сведения об операторе;
- Тоннаж и тип перевозимого материала, % содержание и маршрут самосвала;
- Высотные отметки и координаты;
- Текущие действия (циклы – activity);
- Данные о моточасах и уровне ГСМ в топливном баке;
- Температура шин и тормозной системы;
- Получение поправочных значений от наземной станции для высокоточных систем [10].

Ввиду того, что данные поступают в центр управления каждую секунду и само программное обеспечение JMineOPS дает наглядную картину рабочего процесса и аналитику, соответственно горному диспетчеру отводится серьезная роль в управлении всем технологическим процессом горного производства. При старых системах роль диспетчера сводилась к своевременному сбору данных, без возможности оценки текущей обстановки. В современных системах горный диспетчер согласно иерархии должностей,

приравнен к должности заместителя начальника горного участка. Горный диспетчер в процессе работы определяет согласно приоритетам на смену:

- Количество необходимых самосвалов в каждый маршрут;
- Контролирует погрузку и перевозку;
- Контролирует качество подаваемого материала;
- Координирует работу персонала по обслуживанию горной техники
- Согласно аналитических данных принимает решения для улучшения производственных показателей
  - Ассистирует операторам техники по использованию полного функционала низко и высокоточного GPS оборудования
  - Контролирует наличие цифровых паспортов на горном оборудовании
  - Являясь администратором системы, контролирует корректность поступающих данных и при необходимости вносит соответствующие изменения
  - Подготавливает итоговые отчеты за смену, с указанием причин если имелись отклонения от суточных планов.

Также посредством низко и высокоточного GPS повышается техника безопасности. При происшествии инцидента с участием горной техники, можно через отчетную часть программы восстановить картину происшествия и дать объективный материал для расследования и анализа причин [11].

### 3 Комплексная оптимизация и управление транспортным парком

#### 3.1 Конфигурация оборудования LeicaJ2Shovel

На открытых горных работах основными погрузочными единицами являются карьерные экскаваторы и фронтальные погрузчики. Оптимально подобранная модель экскаватора, это залог эффективной работы, но наряду с этим, не менее важными являются, как опытный оператор и наличие технологического продукта на базе современных решений на высокоточном GPS. На Актогай была принята к использованию система высокоточного позиционирования от компании Hexagon, продукт под названием J2Shovel.

Оборудование Leica J2Shovel включает в себя модуль Leica UHP, антенны, датчики и панель Leica Jpanel, которая устанавливается на экскаваторе. Кроме того, система J2Shovel может использовать входные данные, получаемые с различных систем и оборудования [16].

Далее представлены варианты конфигурации J2Shovel, включающие стандартные и дополнительные компоненты. Конкретная комплектация определяется заказчиком. По окончанию сборки экскаватора, необходимо доустановить комплект оборудования согласно ниже приведенной схемой (рис. 14) [16].

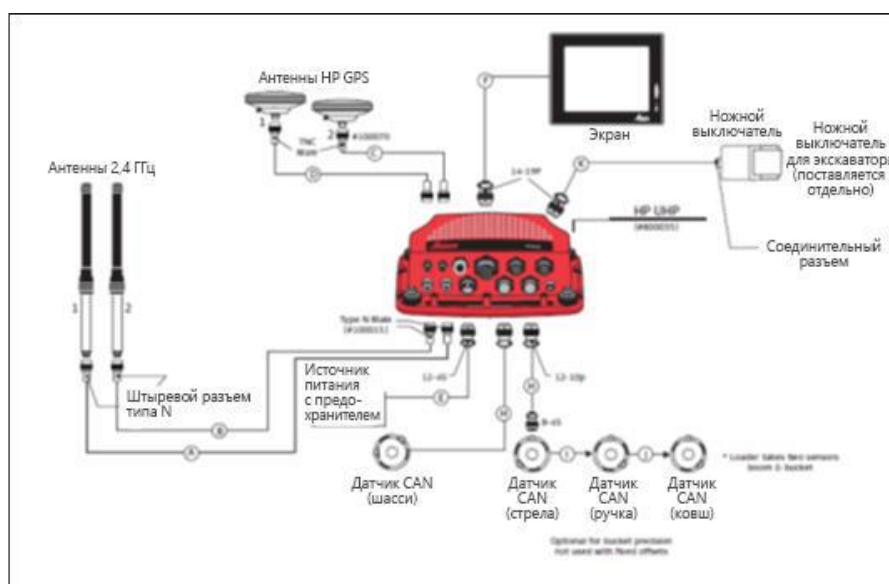


Рисунок 14 – Техническая схема высокоточной GPS системы

Данное технологическое решение легко интегрируется в систему управления парком JMineOPS, что дает полный контроль над всем циклом экскаватора в процессе работы. Ниже приведен скриншот из интерфейса программы, где видны интегрированные погрузочные единицы на примере одного из рудников (рис. 15).

Name	Activity	Reason	Comms	Operator	Tiedown	Priority	Dump Lock	Locked Trucks
EX314	Inactive	Down 1140 Hydraulics	NOK		<input type="checkbox"/>	Disabled	NW RAMP	
EX315	Waiting	Ready 2020 Single Side Loading	NOK		<input type="checkbox"/>	Disabled	NW RAMP	TR510 TR518 TR512 TR520 TR513 TR525
EX317	Loading	Ready 2020 Single Side Loading	NOK		<input type="checkbox"/>	Normal	N TRIDENT DUMP	
EX318	Waiting	Ready 2020 Single Side Loading	NOK		<input type="checkbox"/>	Normal	N TRIDENT DUMP	
EX319	Inactive	Down 1011 Scheduled service	NOK		<input type="checkbox"/>	Disabled	RN RL130 DUMP	
EX320	Loading	Ready 2020 Single Side Loading	NOK		<input type="checkbox"/>	Normal	N TRIDENT DUMP	
EX321	Inactive	Down 1011 Scheduled service	NOK		<input type="checkbox"/>	Disabled	BAYS COAL SPILE	TR541 TR557 TR543 TR581 TR555
LD1006	Waiting	Ready 2020 Single Side Loading	NOK		<input type="checkbox"/>	Disabled	NW BUTTRESS	TR553 TR586 TR589

Loaded 12 Shovel records in 0.492 seconds

Рисунок 15 – Интерфейс системы JMineOPS интегрированный экскаваторными системами

В системе Leica JigSaw применяются простые в использовании сенсорные экраны. Эти специальные компьютерные дисплеи оснащены покрывающей экран прозрачной сенсорной панелью. При работе с продуктом Leica JigSaw используйте однократные нажатия пальцами на значки, слова, кнопки и картинки, отображающиеся на экране. Экран установленный в кабине экскаватора имеет очень удобный интерфейс, что дает оператору с легкостью работать с ним первых же минут (рис. 16) [16].

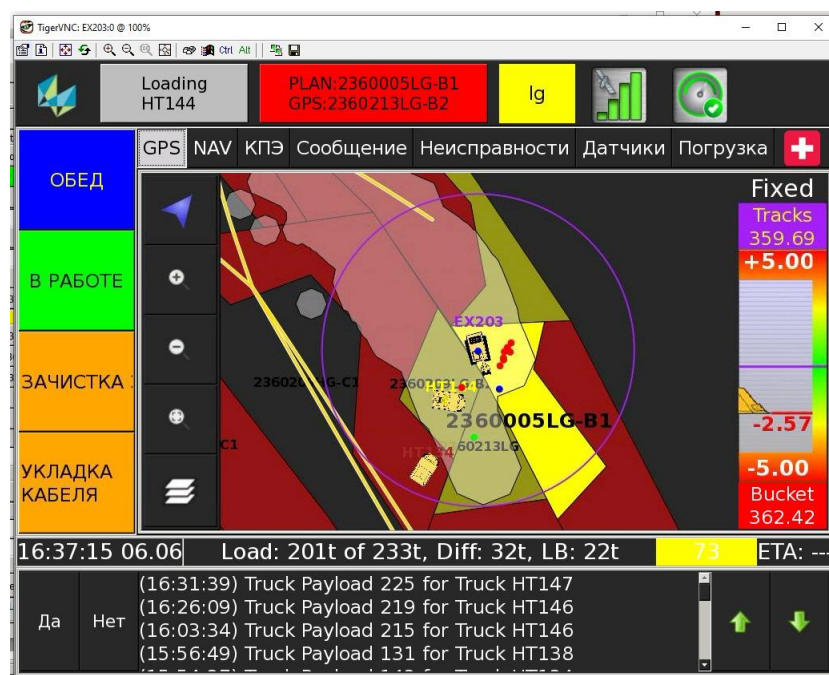


Рисунок 16 – Основной интерфейс системы в кабине экскаватора

Параметры отображения трехмерного позиционирования экскаватора дает возможность видеть актуальное расположение экскаватора относительно горных выработок, рудных блоков. Вертикальный профиль всегда показывает актуальную отметку подошвы забоя, а при наличии предзагруженного проекта отработки, оператор имеет возможность видеть объемы работы по срезке или насыпи. Каждое окна экрана имеет свое независимое масштабирование и оператор сможет настроить его под свои удобства (рис. 17).

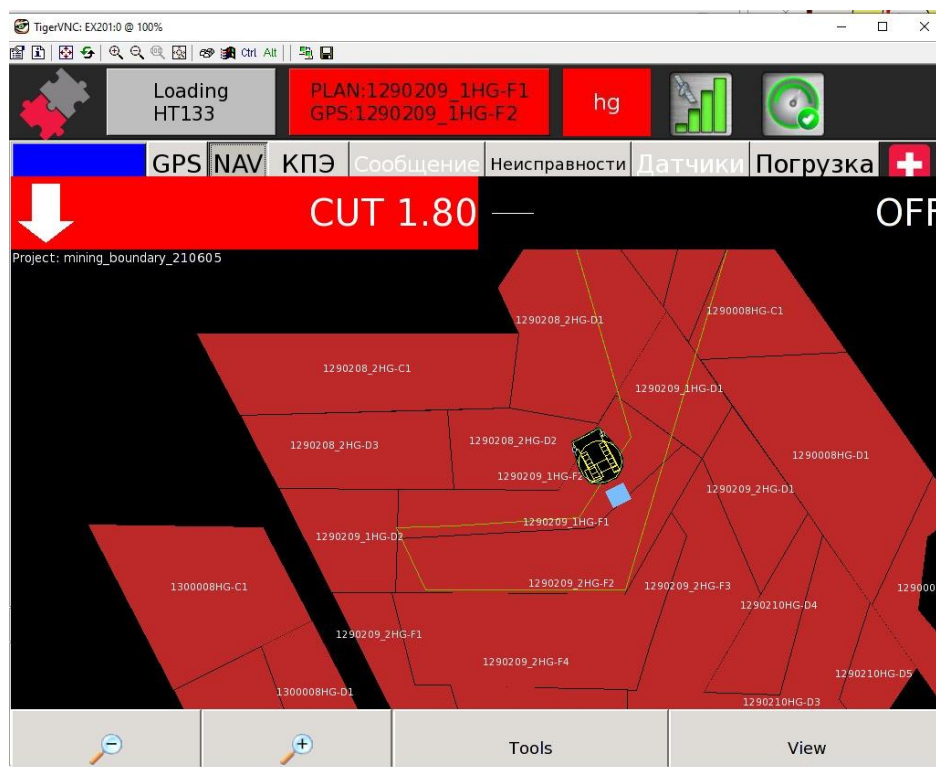


Рисунок 17 – Интерфейс вкладки NAV системы в кабине экскаватора

Повышение качества и точности заоткосочных работ, благодаря высокоточному позиционированию ковша в трехмерном пространстве, где оператор видит относительное нахождение ковша от проекта уступа загруженного в систему:

- Контроль выдержки подошв забоя при отработке уступа;
- Высокоточные GPS антенны, также предустановленная геометрия оборудования дают возможность контроля высоты подошвы с точностью до 30 сантиметров в вертикальном профиле;
- Возможность нарезки съездов и траншей с высокой точностью;
- Возможность построения исполнительных съемок на основе облака точек для контроля ежесменного продвижения горных работ согласно плану;
- Контроль и анализ цикла работа каждого оператора, что дает выявить проблемы касательно навыков погрузки.

### 3.2 Конфигурация оборудования LeicaJ2Dozer

На открытых горных работах не менее важным является автоматизация бульдозерных работ, так как в карьере не малая часть земляных работ производится бульдозерами. Являясь тяжелой и маломобильной техникой бульдозеру не желательны частые перегоны для смены места работы или на прежние места работы связанные с неправильным выполнением бульдозерных работ. Имея широкий парк бульдозеров и большую географию месторождения, что в принципе характерно открытым месторождениям, их автоматизация является также одним из приоритетных задач. Для автоматизации бульдозерных работ было решено использовать техническое решение от компании HexagonMining под названием J2Dozer на базе высокоточной GPS системы. LeicaJ2Dozer — это высокоточная система наведения для бульдозеров.

Оборудование LeicaJ2Dozer состоит из модуля LeicaUHP (унифицированная аппаратная платформа), антенн, датчиков и панели LeicaJpanel, которые устанавливаются на бульдозере. Кроме того, система J2Dozer может использовать входные данные, получаемые от различных систем и оборудования [15].

На этапе заканчивания сборки бульдозера также требуется дооснастить бульдозер комплект оборудования J2Dozer, а это высокоточные две GPS антенны, бортовой системный компьютер UHP, сенсорный экран и датчик положения шасси.

LeicaJ2Dozer – это высокоточная система наведения для бульдозеров.

Оборудование LeicaJ2Dozer состоит из модуля LeicaUHP (унифицированная аппаратная платформа), антенн, датчиков и панели LeicaJpanel, которые устанавливаются на бульдозере. Кроме того, система J2Dozer может использовать входные данные, получаемые от различных систем и оборудования [15].

Для системы LeicaJ2Dozer датчик на переднем отвале бульдозера не требуется. Положение ножа (инструмента) проецируется впереди по курсу машины на уровне земли (гусениц/колес) и данные о положении ножа определяются с помощью датчика шасси установленного в кабине оператора.

Высокоточная система наведения LeicaJ2Dozer вычисляет положение инструмента машины на основании набора измеренных констант. Для вычисления положения инструмента система J2Dozer использует данные антенны GNSS, данные о наклоне/крене и курсе машины и измеренные в процессе калибровки смещения. Геометрические формулы позволяют вычислить положение инструмента относительно известного местоположения антенны GNSS. Точность системы должна обеспечиваться на каждом этапе, начиная с определения положения антенны и заканчивая измерением смещений габаритов машины и калибровки углового датчика шасси.

Для обеспечения точности положения антенны GNSS, необходимой для высокоточной системы, требуется добавлять в модуль позиционирования

GNSS локализованные поправочные данные. Для этого в каждый модуль UHP системы LeicaJ2Dozer подаются поправочные данные RTK из сети Wi-Fi или отдельной радиосети УВЧ (рис. 18) [15].

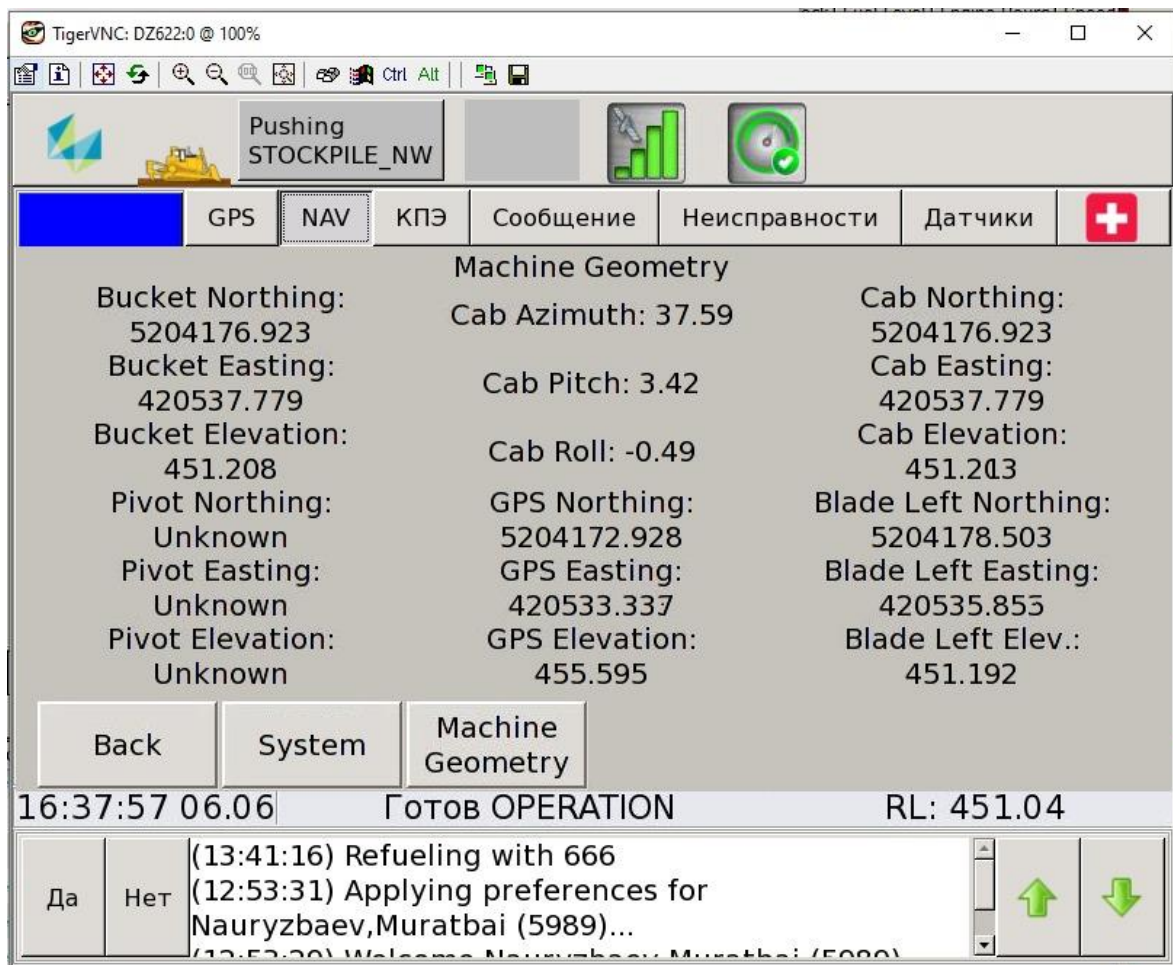


Рисунок 18 – Интерфейс проверки корректности геометрических данных бульдозера

Наклон машины (угол продольного отклонения машины от горизонтального положения) рассчитывается посредством последовательного измерения высоты при перемещении машины или по датчику угла наклона шасси. В случае использования датчика угла наклона шасси необходимо провести его калибровку для соответствующей машины.

Крен машины (угол бокового отклонения машины от горизонтального положения) можно измерить с помощью датчика угла наклона шасси. В случае использования датчика угла наклона шасси необходимо провести его калибровку для соответствующей машины.

Пространственная калибровка машины осуществляется посредством измерения положений антенны GNSS относительно нулевой точки отсчета машины. В случае бульдозера эта точка находится в середине ножа на уровне земли. Можно выполнить измерения вручную с помощью рулетки, угольника

и уровня или воспользоваться услугами геодезиста. Эти калибровочные размеры обозначаются как Dx (расстояние между антенной и центральной осью машины), Dy (расстояние между антенной и серединой ножа) и Dz (высота антенны над уровнем земли). Если в установке LeicaJ2Dozer используются две антенны GNSS, размеры Dx, Dy и Dz должны определяться для каждой антенны [11].

Курс машины (направление, в котором смотрит нос машины) вычисляется по известному местоположению двух антенн GNSS. В установках LeicaJ2Dozer с одной антенной GNSS курс вычисляется на основе последовательных измерений местоположения при перемещении машины.

LeicaJ2Dozer также является частью системы управления парком горнотехнологического транспорта и на этапе выведения его линию оно уже будет интегрирована в единую систему диспетчеризации под названием LeicaJMineOPS (рис. 19).

NAME	Activity	Status	Drilling Pattern	Drilling Point	Drilling Depth	GPS Status	GPS 1 Receiver	GPS 2 Receiver	SATS	Cab Pitch Sensor	Cab Roll Sensor	Drill Depth Sensor
DR6001	Inactive	Standby 3100 Crib Break	P5_1623_08_1067	B44	0.100	Fixed	Fixed	Fixed	15	Good	Good	Good
DR6002	Inactive	Standby 3100 Crib Break	P5_1623_08_1067	B24	0.100	Fixed	Fixed	Fixed	15	Good	Good	Good
DR6003	Positioning	Ready 5065 Partings	P5_3618-21_DR_1072	H38	0.100	Fixed	Fixed	Fixed	15	Good	Good	Good
DR6004	Positioning	Ready 5065 Partings	P5_3618-21_DR_1072	D29	0.100	Fixed	Fixed	Fixed	15	Good	Good	Good
DR9601	Inactive	Standby 3160 Not Required										
DR9602	Inactive	Standby 3160 Not Required	P4_0307_GR_1050									
DR9603	Inactive	Standby 3160 Not Required										
DR9604	Inactive	Standby 3160 Not Required										
DR9605	Inactive	Down 1300 Mechanical										

Рисунок 19 – Список интегрированных бульдозеров в системе диспетчеризации

### 3.3 Конфигурация оборудования LeicaJ2Drill

Система LeicaJ2Drill обеспечивает высокоточное наведение для палубных и беспалубных буровых станков, отображая положение станка относительно виртуального бурового блока на экране J2DrillJpanel. J2Drill поддерживает вертикальное и наклонное бурение, а также бурение беспалубным буровым станком, в том числе бурение до заданного положения/высоты дна скважины и динамическую компенсацию положения устья скважины [12].

Система J2Drill выполняет следующие функции:

- Компенсация уклона местности для обеспечения точного положения скважины.



- Увеличение масштаба по мере приближения машины к скважине, отображение направления движения и оставшегося расстояния до устья скважины.
  - Переключение экрана в рабочий режим после обнуления скважины.
  - Вычисление реальной проектной глубины скважины в зависимости от фактической высоты уступа и плановой высоты дна, заданной в буровом блоке.
  - Ручной или автоматический выбор буровых блоков в зависимости от местоположения бурового станка.
  - Автоматическое обнаружение смены действия в процессе бурения для минимизации взаимодействия оператора с экраном.
  - Учет рабочего времени позволяет оператору указывать причину задержек и поломок, происходящих за смену.
  - Автоматическое обнаружение смены штанги.
  - На экране оператора системы J2Drill также отображаются другие машины, оборудованные системой Leica.
  - Когда буровой станок начинает бурение скважины, обновляется статус во всех остальных системах J2Drill, давая четкое представление о том, какие скважины пробурены, а какие еще нет.
  - Активные буровые блоки, импортируемые в систему Jmineops, автоматически загружаются в машины по IP-сети.
  - Ключевые показатели эффективности (KPI) доступны оператору в любой момент в течение смены.
  - Система отслеживает использование расходных материалов для бурения в машине, что позволяет оптимизировать срок службы каждого компонента, работающего на месторождении.
  - Данные о бурении поступают на сервер практически в реальном времени и сразу становятся доступны в видах и отчетах.
  - Дополнительный модуль LeicaJ2DrillHardness сообщает в реальном времени оператору об относительной твердости пород в скважине.
- Оборудование LeicaJ2Drill включает в себя модуль LeicaUHP, антенны, кодовые датчики, датчики наклона и панель LeicaJpanel, которая устанавливается на буровом станке. Кроме того, система J2Drill может использовать входные данные, получаемые от различных систем и оборудования.

Далее представлены варианты конфигурации J2Drill, включающие стандартные и дополнительные компоненты. Конкретная комплектация определяется заказчиком (рис.20) [13].

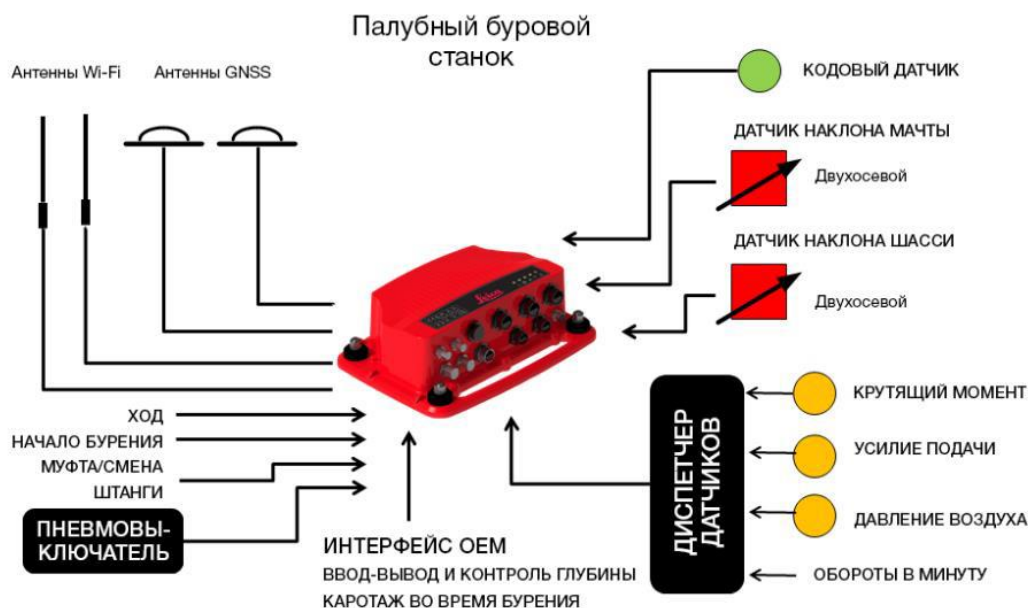


Рисунок 20 – Техническая схема комплекта высокоточной системы для бурового станка

Приложение Drill & Blast (Буровзрывные работы) Leica Imineors обеспечивает визуальное представление о ходе выполнения буровых операций и работе конкретного бурового станка в буровом блоке. С его помощью пользователь получает визуальное представление хода выполнения буровых операций для всего блока и возможность анализа истории перемещений бурового станка. Сведения о перемещениях бурового станка позволяют выявлять недостатки и принимать соответствующие меры для обеспечения оптимальной переброски буровых станков. Этот инструмент подсвечивает различия между проектной и фактической позициями бурения и может использоваться диспетчером и персоналом, проводящим буровые и взрывные работы, для повышения эффективности выполняемых действий [14].

В виде отображаются проектные точки бурового блока, пробуренные скважины, перебуренные скважины, добавленные скважины, скважины, которые соответствуют буровому блоку, статистические данные бурового блока, а также порядок (или путь) перемещения конкретных буровых станков по буровому блоку (рис. 21-24). Точки и скважины можно выбирать для просмотра соответствующих данных. Информация о пути буровых станков позволяет просмотреть эффективность порядка выполнения буровых работ и ход выполнения работ для всего бурового блока. Видимость легенд, скважин и путей можно включать и выключать. Точки и скважины можно выбирать для просмотра соответствующих данных.

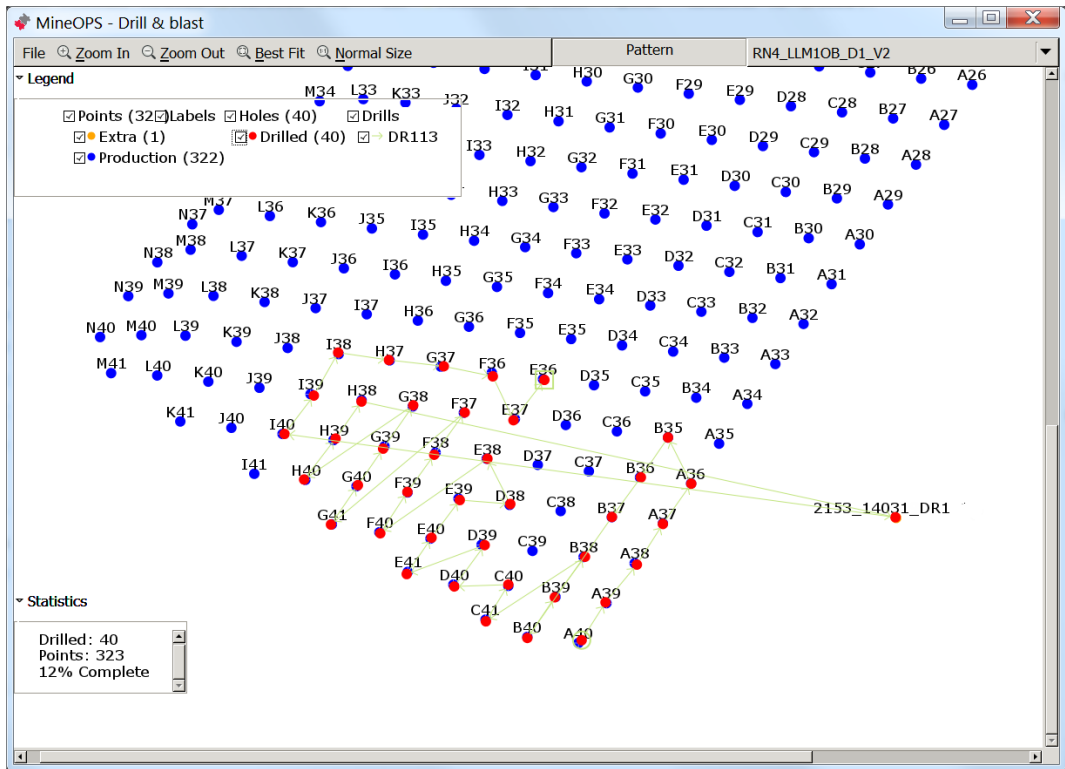


Рисунок 21 – Вид контроля статистики бурения интегрированных в системе буровых блоков

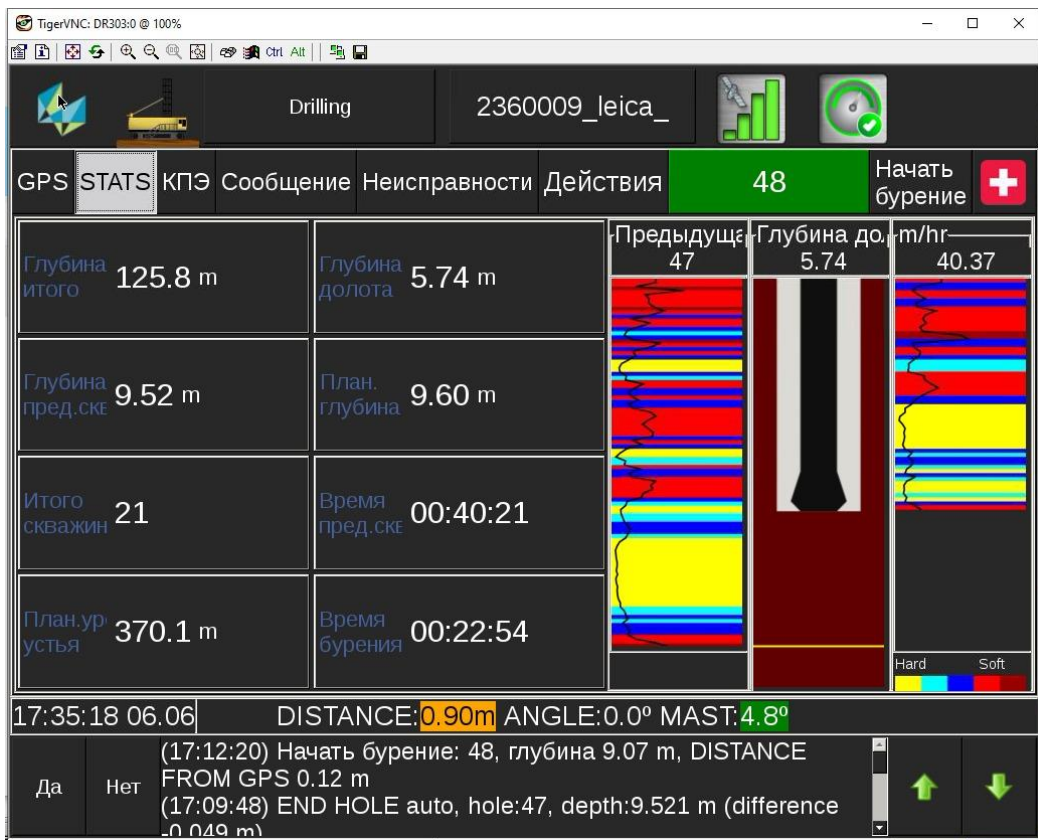


Рисунок 22 – Вид контроля буровых станков в системе диспетчеризации

MineOPS - Drill point

File Data

Easting 7250 Delta East 100 Northing 7250 Delta North 100

DrillPoint All

pointname	Pattern	Easting	Northing	Elevation	Depth	azimuth	dip	Drilled
006	S04U144180	6499.05	5361.97	406.33	11.96			<input checked="" type="checkbox"/>
007	S04U144180	6500.95	5357.37	406.48	12.11			<input checked="" type="checkbox"/>
008	S04U144180	6502.76	5352.96	406.90	12.54			<input checked="" type="checkbox"/>
009	S04U144180	6504.23	5347.45	406.60	14.55			<input checked="" type="checkbox"/>
010	S04U144180	6505.74	5341.93	406.63	14.58			<input checked="" type="checkbox"/>
011	S04U144180	6507.26	5336.42	406.39	14.35			<input checked="" type="checkbox"/>
712	S04U144180	6510.40	5340.79	406.22	11.88			<input checked="" type="checkbox"/>
001	N02U096060	7723.32	5110.45	345.68	10.80			<input checked="" type="checkbox"/>
002	N02U096060	7717.65	5111.79	345.69	10.90			<input checked="" type="checkbox"/>
003	N02U096060	7711.95	5113.13	345.69	10.90			<input checked="" type="checkbox"/>
004	N02U096060	7706.29	5114.46	345.69	11.00			<input checked="" type="checkbox"/>
005	N02U096060	7700.59	5115.80	345.70	11.00			<input checked="" type="checkbox"/>
006	N02U096060	7694.93	5117.14	345.70	11.00			<input checked="" type="checkbox"/>
007	N02U096060	7689.23	5118.48	345.70	11.10			<input checked="" type="checkbox"/>
008	N02U096060	7683.57	5119.81	345.71	11.10			<input checked="" type="checkbox"/>
009	N02U096060	7677.87	5121.15	344.71	12.10			<input checked="" type="checkbox"/>
010	N02U096060	7672.21	5122.49	344.71	12.20			<input checked="" type="checkbox"/>
011	N02U096060	7666.05	5122.57	344.72	12.30			<input checked="" type="checkbox"/>
015	N02U096060	7718.99	5106.19	345.68	11.40			<input type="checkbox"/>
016	N02U096060	7713.31	5107.51	345.68	11.20			<input type="checkbox"/>

Clear Sort Refresh Apply Add Delete

Loaded 2357 DrillPoint records in 1.246 seconds

Рисунок 23 – Вид реестра буровых скважин



Рисунок 24 – Вид рабочего цикла бурового станка в системе

В системе Leica Jigsaw применяются простые в использовании сенсорные экраны. Эти специальные компьютерные дисплеи оснащены покрывающей экран прозрачной сенсорной панелью (рис. 25). При работе с продуктом Leica Jigsaw используйте однократные нажатия пальцами на значки, слова, кнопки и картинки, отображающиеся на экране.



Рисунок 25 – Образец экрана установленного в кабине

#### **4 Расчет экономической прибыли применения программного обеспечения на месторождении**

Система Jigsaw Jmineops содержит передовые алгоритмы оптимизации, которые используют мощность и сетевую пропускную способность современных компьютерных систем для оптимального распределения самосвалов.

Функции компонента Joptimiser:

- Оптимальные решения публикуются оптимизатором на центральном сервере и реализуются в полевых условиях модулями, установленными на самосвалах.

- Для создания назначений для экскаваторов используется информация о расчетном времени прибытия и очередях.

- В случае сбоя сети или системы решения о назначениях могут приниматься модулями, установленными на самосвалах.

- Для каждого экскаватора сохраняется история скорости выемки породы, позволяющая избежать недостаточной или избыточной отгрузки.

База данных Jmineops содержит полные данные о дорогах и местоположениях, описывающие текущую сеть откатки на месторождении. База данных местоположений содержит записи для различных типов местоположений, включая следующие:

- Blasts (Забои)
- Dumps (Отвалы)
- Crushers (Дробилки)
- Stockpiles (Склады)
- Shops (Станции ремонта)
- CallPoints (Контрольные точки)

Отдельная база данных дорог содержит записи для всех сегментов дорог, соединяющих два местоположения. Каждый сегмент дороги описывается линией или кривой, общим расстоянием, временем порожнего/груженого перемещения, ограничениями скорости и т. д.

Чтобы система могла определить путь, самосвал должен перемещаться между любыми двумя местоположениями на месторождении. С помощью графической карты система Jmineops на каждой машине показывает оператору точный маршрут, которому необходимо следовать на пути к целевому расположению.

Кроме того, в системе Jmineops используется новый алгоритм, сопоставляющий текущие GPS-координаты машины с абсолютной позицией на сегменте дороги [14].

*Ограничения в системе Jmineops*

Самым значимым ограничением является ограничение непрерывности, согласно которому общий поток машин к экскаватору или отвалу должен равняться потоку машин от этого экскаватора или отвала.

Согласно ограничениям материалов, экскаваторы, выполняющие выемку вскрыши, отгружают ее в отвалы вскрыши; экскаваторы, выполняющие выемку руды, отгружают ее в соответствующие дробилки, склады или отвалы для выщелачивания. Система Jmineops включает весьма универсальную схему ограничений материалов. В таблице базы данных перечней для месторождения определяется любое число типов материалов. Каждый блок сортов на месторождении затем привязывается к одному типу материала.

Каждое местоположение отвала принимает один или несколько определенных типов материалов. После указания добываемого экскаватором сорта (сортов) решение оптимизации настраивает маршруты только к тем отвалам, которые принимают вынимаемый экскаватором материал.

Скорость выемки материала каждым работающим экскаватором ограничена. Система Jmineops постоянно измеряет и обновляет эту скорость выемки породы, измеряя время, необходимое для подачи и загрузки самосвала, и тоннаж вынутаго материала.

Для контроля качества материала в конкретных отвалах используются ограничения смешивания. Для настройки смешивания на месторождении вначале определяется список характеристик материалов для каждого блока материалов. Например, для месторождения золотой/медной руды в качестве характеристик материала может быть указан процент содержания золота и меди. Каждый блок материалов содержит проверенные значения всех параметров качества, которые обычно поступают из системы планирования месторождения.

На многих, если не на большинстве месторождений используется меньше самосвалов, чем требуется для полного обеспечения экскаваторов. В таких ситуациях недостаточного числа самосвалов можно дополнительно настроить ограничение доступных для откатки самосвалов, которое будет автоматически уменьшать поток самосвалов к экскаваторам с низким приоритетом или большим расстоянием откатки, чтобы требуемое число самосвалов соответствовало фактически доступному.

Для месторождений с несколькими карьерами алгоритм создает отдельные ограничения откатки для каждого карьера, чтобы избежать перегрузки экскаваторов на одном карьере из-за недостаточного количества самосвалов на другом.

Оптимизация поддерживает закрепление экскаваторов за определенными отвалами или запрет отгрузки материалов в определенные отвалы. Эти ограничения являются более строгими, чем ограничения материалов, так как позволяют рассматривать для назначения только определенные отвалы.

Система Jmineops поддерживает назначение низкого, среднего и высокого приоритета любым экскаваторам. Приоритеты экскаваторов обеспечивают преимущественное обеспечение экскаваторов с высоким приоритетом, а не экскаваторов с низким приоритетом.

Так же поддерживает назначение низкого, среднего и высокого приоритета всем типам материалов, которые определены в базе данных перечней. В отличие от приоритетов экскаваторов приоритеты материалов применяются к экскаваторам только при выемке экскаватором выбранного типа материала. Таким образом, если экскаватор переходит с выемки руды на выемку вскрыши, он автоматически переключается на использование приоритета, назначенного для вскрыши.

#### *Коэффициенты обеспечения экскаваторов*

Система Jmineors поддерживает настройку процентных коэффициентов обеспечения для каждого экскаватора. Установка коэффициента обеспечения меньше 100% позволяет месторождению обеспечивать загрузку до указанного процента экскаваторов с высоким приоритетом, а оставшуюся загрузку распределять между экскаваторами с низким приоритетом. Также коэффициенты обеспечения могут быть выше 100 % для минимизации времени ожидания самосвалов экскаватором с очень высоким приоритетом.

#### *Динамическое распределение самосвалов*

Хотя система позволяет обеспечить оптимальные скорости отгрузки материалов экскаваторами в отвалы, оно не рассчитывает назначения для каждого отдельного самосвала. Для оптимального назначения самосвалов в соответствии с выбранными коэффициентами отгрузки в системе Jmineors применяется инновационный алгоритм распределения самосвалов, который использует следующую собираемую и сохраняемую в базе данных SQL системы Jmineors информацию:

- Текущая позиция и скорость самосвала
- Плановое время прибытия самосвалов в пункт назначения
- Плановое время прибытия самосвалов к экскаваторам
- Текущие очереди у экскаваторов
- Текущие скорости выемки породы экскаваторами
- Последние назначения самосвалов для каждого маршрута

В отличие от существующих систем, в которых отслеживается только прибытие в фиксированные местоположения виртуальных сигнализаторов, оборудование Jmineors постоянно сопоставляет текущую GPS-координату с позицией на дороге. Это позволяет постоянно обновлять местоположение оборудования и точно прогнозировать время прибытия, чего нельзя добиться с помощью систем на основе сигнализаторов. Постоянное отслеживание позиции также позволяет немедленно определять и компенсировать отклонения от маршрута, подобно тому, как современная система навигации GPS предупреждает пользователя, если он проехал съезд с автострады.

На основе данных о текущей позиции и плановом времени прибытия самосвалов центральный сервер оптимизации постоянно перерасчитывает следующее назначение экскаватора для каждого готового самосвала. Этот алгоритм динамического распределения самосвалов использует текущую



позицию и плановое время прибытия самосвалов для создания упорядоченных очередей самосвалов у каждого экскаватора.

Прогнозирование очередей у экскаваторов на момент точно запланированного времени прибытия и сравнение плановых назначений с использованием плановых значений времени ожидания позволяет системе Jmineops динамически распределять самосвалы, активно минимизируя время ожидания самосвалов и экскаваторов. Благодаря этому устраняются скопления самосвалов, которые часто возникают, когда несколько самосвалов получают назначения, приводящие к наложению моментов прибытия к экскаватору.

Простои самосвалов и экскаваторов могут дорого обходиться ввиду расхода топлива, а так же факта того, что это время могло бы использоваться для выемки руды, погрузки и отгрузки.

Ниже проведены расчеты для определения экономической целесообразности использования программного обеспечения Jigsaw.

На месторождении Актогай используются самосвалы CATERPILLAR 785C.



Рисунок 26 – Самосвалы CATERPILLAR 785C

Экономия средств при работе системы диспетчеризации на самосвалах складывается из суммы двух показателей  $C_{д.р.}$  (доход за выработку сульфидной руды) и  $C_{р.т.}$  (расход топлива) (табл. 1).

$$C_{д.р.} = R - S_{cost} - M_{cost} - P_{cost} \quad (1)$$

где  $R$  – доходы по извлеченному металлу (\$),  
 $S_{cost}$  – затраты на продажу концентрата (\$),  
 $M_{cost}$  – затраты на добычу руды (\$),  
 $P_{cost}$  – затраты на производство руды (\$).

$$R = V_{и.год} \times p \quad (2)$$

где,  $V_{и.год}$  – извлеченный металл (т),  
 $p$  – цена меди за тонну (\$).

$$S_{cost} = V_{и.год} \times m_{cost} \quad (3)$$

где,  
 $V_{и.год}$  – извлеченный металл (т),  
 $m_{cost}$  – затраты на продажу концентрата за тонну (\$).

$$M_{cost} = V_{и.год} \times sel_{cost} \quad (4)$$

где,  $V_{и.год}$  – извлеченный металл (т),  
 $sel_{cost}$  – затраты на добычу руды за тонну (\$).

$$P_{cost} = V_{и.год} \times p_{cost} \quad (5)$$

где,  $V_{и.год}$  – извлеченный металл (т),  
 $p_{cost}$  – затраты на производство руды за тонну (\$).

$$V_{и.год} = \frac{V \times g}{100} \times r_s \times s_r \quad (6)$$

где,  $V_{год}$  – объем сульфидной руды за год (тонна),  
 $g$  – коэффициент содержание меди в руде,  
 $r_s$  – коэффициент извлечения сульфидной руды,  
 $s_r$  – коэффициент извлечения плавления (табл. 2).

Таблица 1 – Физические данные по Актогайскому ГОК

Руда	Тоннаж	g	Извлеченный металл, $V_{и.год}$ т
Сульфидная	25 137 520	0,52	105 408,66

Коэффициенты, используемы в вышеприведенных формулах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты

$r_s$	0,84
$s_r$	0,96
$m_{cost}$	1,05
$p_{cost}$	7,65
$sel_{cost}$	1126
$p$	6700

$$C_{д.р.за\ час} = \frac{C_{д.р.}}{365 \times 24} \quad (7)$$

Таблица 3 – Окончательный доход за выработку руды

$M_{cost}, \$$	$P_{cost}, \$$	$S_{cost}, \$$	$R, \$$	$C_{д.р.}, \$$	$C_{д.р.за\ час}$
26 419 534	192 249 980	118 680 830	706 238 021	368 887 678	42 110

$$C_{p.m.} = N \times q / (1000 \times R \times k_1) \quad (8)$$

где  $q$  – удельный расход горючего;

$N$  – мощность, л.с. (кВт);

$R$  – плотность ДТ (0,85 кг/дм<sup>3</sup>);

$k_1$  – коэффициент, характеризующий процентное соотношение времени работы при большой частоте вращения коленвала двигателя;

$C_{p.m.}$  – расход горючего в литрах в час (табл. 4) [16].

Таблица 4 – Расчет  $C_{p.m.}$

$q$	$N$	$R$	$k_1$	$C_{p.m.}$
96,2 г/т*км	1005 кВт	0,85 кг/дм <sup>3</sup>	2,33	48,8 л/ч

Стоимость дизельного топлива в среднем 275 т/л, соответственно в час расходуется 13 420 тг (31,42\$).

Расход на 9 самосвалов, участвующих в работе на карьере = 120 780 тг (289,64\$).

Исходя из расчетов, приведенных выше можно сделать вывод, что за час простоя можно было бы заработать 42 399,64\$.

Так же ниже представлен график ожидания самосвалов на погрузке. Данные приведены для самосвалов, участвующих в погрузке на карьере, посменно в пределах работы за 21 день.

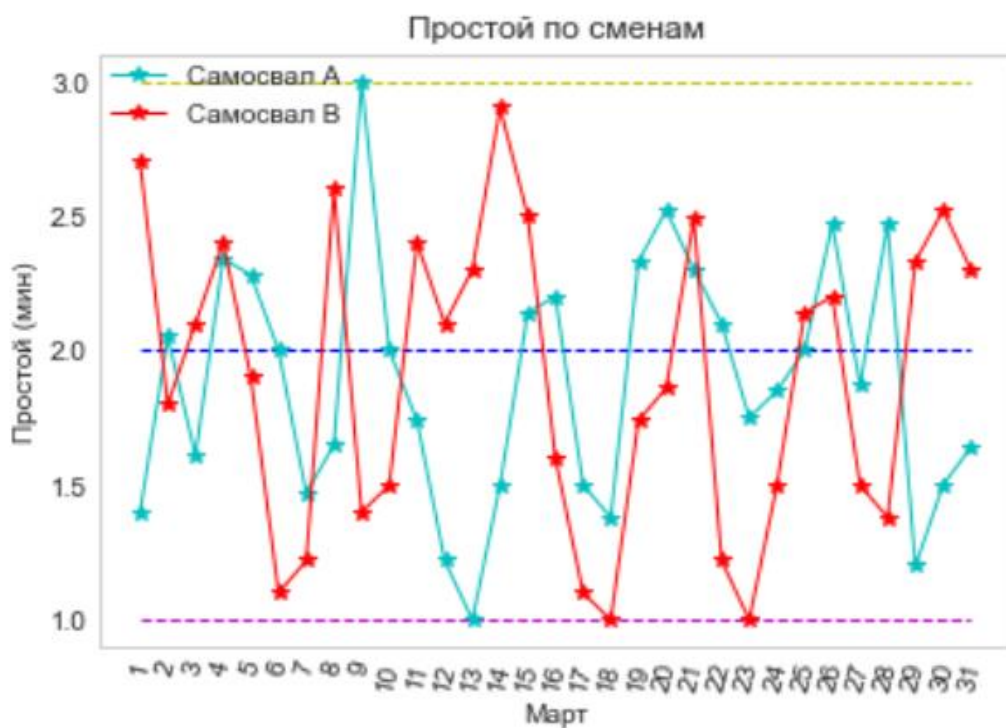


Рисунок 27 – График отслеживания ожидания на погрузке

Исходя из данных, отраженных на графике построим сравнительную диаграмму расхода топлива при простое, контролируемом системой диспетчеризации.

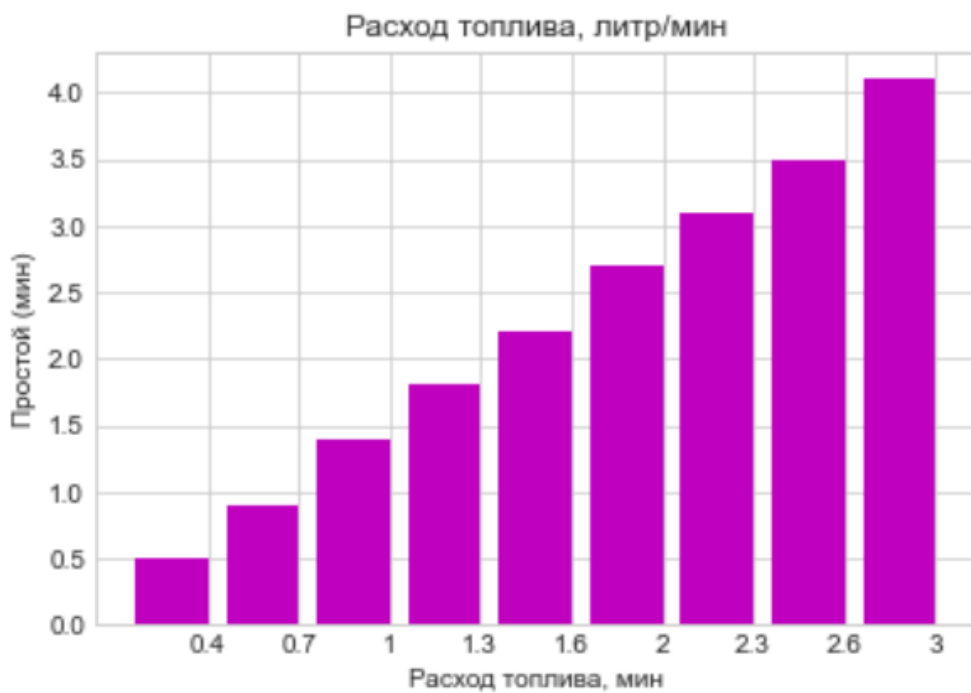


Рисунок 28 – График отслеживания расхода топлива

В отличие от существующих систем на основе сообщений, которые рассчитывают назначение для текущего самосвала при получении от него запроса, сервер оптимизации Jmineops пересчитывает будущие назначения экскаваторов для всех самосвалов в то время, когда они загружаются у экскаваторов или разгружаются на отвалах. Это обеспечивает постоянную доступность следующего оптимального назначения экскаватора в виде реплицированной записи назначения на борту каждого самосвала и устраняет проблемы со связью в зоне отвалов, которые могут не иметь радиопокрытия [14].

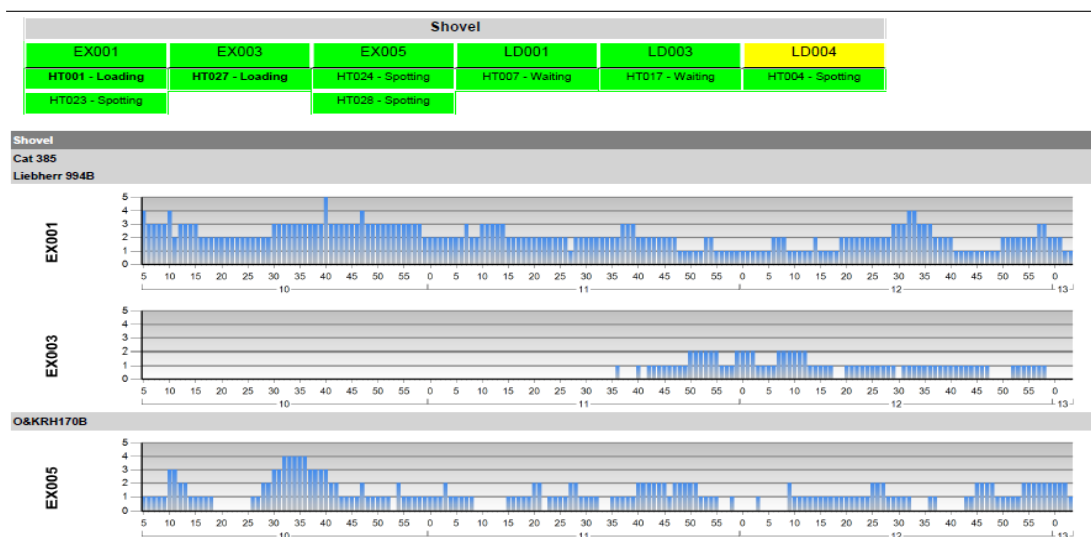


Рисунок 27 – График отслеживания очередей на экскаваторах

В ходе порожнего перемещения самосвала к экскаватору условия могут измениться так, что существующее решение о назначении уже не будет оптимальным. К таким условиям относятся задержки и замедление работы экскаваторов, задержки самосвалов или готовность дополнительных самосвалов. Существующие системы, которые осуществляют переназначение рядом с виртуальными сигнализаторами, часто принимают плохие решения, требующие обратного перемещения самосвала или использования неоптимальных маршрутов к вновь назначенному экскаватору. Поскольку такие системы неточно отслеживают местоположение самосвала и допускают существенную задержку между прибытием к сигнализатору и получением переназначения, самосвал зачастую проходит сигнализатор до получения нового назначения.

Система Jmineops оценивает необходимость переназначения при входе самосвала на сегмент дороги, который ведет к выбранной точке переназначения. Система ограничивает поиск возможных вариантов переназначения только теми экскаваторами, которые не требуют поездки самосвала назад или его езды задним ходом. Таким образом, по мере приближения самосвала к экскаватору число потенциальных кандидатов для

переназначения уменьшается. Этот алгоритм позволяет обеспечить оптимальный маршрут между начальным местоположением самосвала и целевым экскаватором, а также избежать «экскурсий по карьеру» при создании системой новых назначений.

Экономическая целесообразность использования системы диспетчеризации для наведения буровых станков выражается в экономии средств на оплату труда специалистов геодезического профиля, а конкретно полевых измерений. Система LeicaJ2Drill обеспечивает высокоточное наведение буровых станков в автоматическом режиме.

В качестве исходных данных для применения буровой системы отдел планирования горных работ предприятия удаленно, без остановки работы бурового станка, загружает в систему его управления схематическую проектную информацию по БВР на участке работ. Данный процесс полностью автоматизирован. Такая информация включает в себя схемы расположения взрывных скважин, их координаты на схемах по осям абсцисс и ординат, глубину бурения и угол наклона каждой скважины и др. Наведение бурового снаряда на устье скважин выполняется автоматически по заданным координатам, глубина бурения скважин также задается автоматически. Точность позиционирования бурового оборудования с использованием такого подхода составляет до 10 см в плане и по высоте. После выполнения бурения выполняется передача фактических координат скважин в режиме реального времени в системы планирования горных работ и имитационного моделирования взрывов для их дальнейшего использования при обчете параметров зарядов в скважинах и проектировании схем их коммутации.

Это позволяет операторам перемещать буровой станок точно от скважины к скважине в любое время суток, в любых погодных условиях, в т.ч. в условиях ограниченной видимости, без каких-либо требований к физическим опорным точкам. Задача оператора состоит в перемещении бурового станка в положение, при котором иконка накрывает устье скважины. В момент приближения бурового станка к скважине экран бортового компьютера переходит в режим изменения масштаба. Благодаря данной функции оператор получает увеличенное изображение для лучшего позиционирования бурового снаряда непосредственно над устьем скважины. Бортовая система получает информацию о том, когда буровой станок расположился непосредственно в проектном положении скважины, поскольку бортовая система обеспечивает постоянное считывание кинематических прецизионных данных (РТК) местоположения бурового станка в режиме реального времени и сопоставляет их с координатами скважины, введенными в пакет данных плана горных работ. Когда положение бурового долота соответствует координатам устья скважины в схеме по оси X и Y, система получает подтверждение о выходе бурового станка в заданную точку бурения очередной скважины.

Рассчитаем затраты на труд маркшейдеров и программно-инструментального обеспечения полевых работ, которые мы экономим

вследствие использования автоматизированной системы диспетчеризации (табл. 5,6).

Полевые работы по вынос проектных координат лунок в натуру включают в себя рекогносцировку местности и определения координат точек с помощью переносного GPS-приемника, позволяющего получить точность, заданную проектом.

Таблица 5 – Расчет затрат времени на полевые работы

Вид работы	Вынос проектных координат скважины в натуру
Единица работ	координаты скважины
Категория трудности	II
Объем работ	1
Норма времени на единицу работы	3
Всего затрат времени на весь объем	3
Продолжительность работ, дней	1

Таблица 6 – Смета затрат на полевые работы

Виды работ	Вынос проектных координат скважина в натуру
Единица работ	координаты скважина
Объем работ	1
Количество рабочих дней	1
Количество одновременно работающих специалистов	маркшейдер
Затраты труда в чел - днях	1
Тарифная ставка исполнителя тг/чел. смену	20 000
Всего затрат, тг	20 000

Исходя из вышеприведенных данных, были вычислены затраты на труд маркшейдеров для определения координат одной скважины, вывод, автоматизированная система диспетчеризации позволяет экономить за один подход = 20 000 тг.

Стоимость установки автоматизированной системы диспетчеризации Leica Jigsaw для каждого вида транспорта приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Стоимость установки АСД

На экскаватор, \$	На бульдозер, \$	На бур.станок, \$	На самосвал, \$
20 000	11 000	20 000	15 000

Окупаемость установки системы на самосвал рассчитывается из экономии средств за контроль простоя. Исходя из данных графика контроля простоя самосвалов на погрузке, можно определить максимальное значение простоя равное 3 минутам.

Если за час экономия составляет 42 399,64\$, то за 3 минуты простоя в смену = 2 119,98\$.

Всего на месторождении задействовано 9 самосвалов. Стоимость установки для 9 самосвалов = 135 000\$, следовательно, установка окупится в среднем за 3 месяца, но так как это идеальные условия, то можно принять за данность 3-6 месяцев.

Окупаемость установки системы на буровой станок рассчитывается из экономии средств за работу маркшейдеров по выносу координат скважин. Учитывая, что смена маркшейдера длится 12 часов, а вынос координат одной скважины занимает в среднем 3 часа, то в смену можно обработать 4 скважины, каждая из которых в среднем обходится в 20 000 тг. Экономия в смену = 80 000 тг (191,8\$).

Всего на месторождении задействовано 5 буровых станков. Стоимость установки для 5 буровых станков = 100 000\$, следовательно, установка окупится в среднем за 16 месяцев, но так как это мы приняли усредненные данные, то принимаем за данность 12-18 месяцев.

По данным анализа работы экскаваторов и бульдозеров на месторождении стоимость установки на 5 экскаваторов, задействованных на карьере, составит – 100 000\$USD. Срок окупаемости 1 – 6 месяцев

На 6 бульдозеров – 66 000\$USD. Срок окупаемости 24 – 30 месяцев.

Окупаемость установки автоматизированной системы диспетчеризации Leica Jigsaw для каждого вида транспорта приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Окупаемость установки АСД

На экскаватор	На бульдозер	На бур.станок, \$	На самосвал, \$
1 – 6 месяцев	24 – 30 месяцев	12 – 18 месяцев	3 – 6 месяцев



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автоматизированные системы управления горным производством осуществляют контроль и управление над горнотранспортным комплексом для помощи в обеспечении высокой производительности всех подразделений предприятия. Автоматизированные системы управления горным производством являются необходимостью в современном горном деле и ключевым элементом для успешного горно-обогатительного предприятия.

Предметом исследования являлась автоматизированная система управления горнотранспортным комплексом Leica Jigsaw.

Автоматизированная система управления горнотранспортным комплексом Leica Jigsaw включает широкий набор функций, начиная с системы отчётности по оперативной информации из карьера, высокоточного позиционирования и управления техникой, и заканчивая информацией по техническому состоянию карьерной техники, и передовой системой автоматической диспетчеризации.

В ходе исследования было изучена оптимизация производства горных работ на месторождении Актогай с помощью внедрения автоматизированной системы управления компании Leica Geosystems Mining.

Для определения преимуществ автоматизированной технологий в производстве были решены следующие задачи:

- изучен ряд выполняемых функций автоматизированной системой диспетчеризации Leica Jigsaw;
- были определены преимуществ использования автоматизированной системы диспетчеризации Leica Jigsaw на месторождении (на буровых установках, на экскаваторах и т.д.);
- рассчитана экономическая целесообразность использования автоматизированной системы диспетчеризации Leica Jigsaw на месторождении.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шеховцев В.С. Основы научных исследований в горном деле // СибГИУ, Новокузнецк, 2006 г., 136 стр., УДК: 001.8:622.2 (07)
2. Дервяшкин И.В. Основы горного дела. Открытые горные работы// Москва, 2011 г., 258 стр.
3. Брылов С.А. Горное дело // Недра, Москва, 1975 г., 365 стр.
4. Попков Ю.Н., Прокопов А.Ю., Прокопова М.В. Информационные технологии в горном деле // ЮРГТУ (НПИ), Новочеркасск, 2007 г., 202 стр.
5. Вачнадзе Г.Н. Металлургия и горное дело за рубежом // ФГУП «ПИК ВИНТИ», Москва, 2003 г., 53 стр.
6. Колесников М, И., Таипов З. А., Нефёдов А. В. Энергоснабжение и автоматизация предприятия АО «Костанайские минералы» [Текст] – «Горный журнал» 2005 г. №9-10.
7. ООО «ВИСТ Групп». Документация к системе «КАРЬЕР» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vistgroup.ru/products/carier/>
8. «КРИВБАСАКАДЕМИНВЕС». Документация к системе K-MINE® [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.kai.com.ua/products/k-mine.html/](http://www.kai.com.ua/products/k-mine.html/)
9. В. М. Назаренко, д. т. н., профессор, академик Международной Академии компьютерных наук и систем. Геоинформационная система «КРИВБАССАКАДЕМИНВЕСТ»: новые подходы к решению технологических задач. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kai.com.ua/publication/~zadach.html>
10. КРИВБАССАКАДЕМИНВЕСТ, 1994-2010. Новые геоинформационные технологические решения при производстве маркшейдерских работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kai.com.ua/publication/~rabot.html>
11. КРИВБАССАКАДЕМИНВЕСТ, 1994-2010. Автоматизация процессов планирования производства крупных промышленных предприятий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kai.com.ua/publication/~predprijatii.html>
12. Бондарь С.В., Мальчева Р.В. Донецкий национальный технический университет. Система автоматизации диспетчеризации работы горнодобывающего предприятия
13. Таипов З. А. Системы диспетчеризации горной отрасли. [Текст] – «Горный журнал» 2006 г. №2.
14. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://leica-geosystems.com/>
15. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hexagonmining.com/products/safety-suite>
16. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.zepplin.ru/upload/iblock/bf5/Gornyi\\_jurnal\\_9\\_2012.pdf](https://www.zepplin.ru/upload/iblock/bf5/Gornyi_jurnal_9_2012.pdf)