

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
( Н И У « Б е л Г У » )

**ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГОРНОГО ДЕЛА**

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ  
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ КМА .**

**Выпускная квалификационная работа**

обучающегося по специальности

21.05.02 «Прикладная геология»

очной формы обучения,

группы 81001305

Пономаренко Константин Борисович

Научный руководитель  
к.т.н., доц., Игнатенко И.М.

**БЕЛГОРОД 2018**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	2
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	3
1.1 Географо-экономическая характеристика района.....	3
1.1.1 Рельеф.....	4
1.1.2 Гидрография.....	4
1.1.3 Климат.....	6
1.2 Геологическое строение горнопромышленного района.....	7
1.3 Гидрогеологическая характеристика района.....	8
1.4 Геоморфология.....	10
1.5 Экологическое состояние территории.....	11
2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	12
2.1 Геологическое строение месторождения.....	13
2.2 Инженерно-геологическая характеристика горного массива.....	18
2.3 Гидрогеологические условия .....	19
2.4 Тектоническое строение месторождения.....	25
2.5 Анализ результатов геодинамического районирования Михайловского месторождения .....	29
3 ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	32
3.1 Характеристика района наблюдения.....	33
3.2 Лабораторные исследования горных пород.....	33
3.3 Общие положения к проявлению горного давления.....	37
3.3.1 Прогноз удароопасности участков массива горных пород и горных выработок....	42
3.4 Оценка склонности Михайловского месторождения к горным ударам.....	44
3.5 Оценка удароопасности основных типов руд.....	48
3.6 Расчет устойчивых пролетов обнажений горных выработок и их сопряжений в условиях месторождений КМА.....	54
4 ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ Экспериментальных РАБОТ. РАСЧЕТ ЗАТРАТ, ВРЕМЕНИ, ТРУДА. РАСЧЕТ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ РАБОТ.....	57
5 ОХРАНА ТРУДА. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	68
5.1 Охрана труда.....	68
5.2 Промышленная безопасность.....	72
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	80

## ВВЕДЕНИЕ

Проведение геомеханических исследований на месторождениях является неотъемлемой частью безопасного ведения горных работ. Изучение подземного пространства способствует формированию выводов о напряженном состоянии массива горных пород в выработке, а так же о склонности пород к горным ударам.

Целью дипломной работы является изучение инженерно-геологических и геомеханических свойств массива, а также оценка их влияния на горные выработки. В рамках данной дипломной работы были решены следующие задачи:

1) Изучены географо-экономические, инженерно-геологические, гидрогеологические условия Михайловского месторождения.

2) Проведен анализ инженерно-геологических условий сооружения выработок дренажной шахты ПАО «Михайловский ГОК».

3) Проанализированы результаты геодинамического районирования Михайловского месторождения.

4) Осуществлено экспериментальное определение напряжений в массиве пород дренажной шахты.

5) Выполнена оценка склонности массива к горным ударам и геодинамическим явлениям.

Экспериментальные работы в выработках дренажной шахты выполнены совместно с сотрудниками лаборатории горного давления и сдвижения горных пород ОАО «ВИОГЕМ», с участием сотрудников геологического и маркшейдерского отделов ПДК Михайловского ГОКа.

# 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Географо-экономическая характеристика района

Михайловский горнопромышленный район расположен в пределах южной части Кромского района Орловской и восточной части Железногорского района Курской областей. Крупнейший населенный пункт — г.Железногорск (100 тыс. чел.). Плотность населения составляет 20-50 чел/км<sup>2</sup>. Остальные поселки — сельского типа.

В экономическом отношении район относится к числу сельскохозяйственных, где основными отраслями является зерновое хозяйство и животноводство. Транспортные условия района работ — удовлетворительные. Электроэнергия переходит по линии передач из г.Курск, предприятия работают на привозном угле и газе.

Градообразующее предприятие — ПАО «Михайловский ГОК». Формирует 70 % городского бюджета, где трудится 30 % населения города. Является вторым в России по объёму производства железорудного сырья.

Карьер Михайловского ГОКа расположен в 1,5-2 км восточнее г. Железногорска Курской области. Район имеет хорошо развитые транспортные связи и объекты инфраструктуры, что представлено на обзорной карте (рис. 1.1).

Рисунок 1.1 — Обзорная карта района работ (масштаб 1:200000)

1. Населенный пункт, г.Железногорск; 2. Железные дороги; 3.Автомагистраль; 4. Карьер; 5. Лес; 6. Речная сеть

В рельефе поверхности района преобладают ландшафты возвышенных полого холмистых равнин с глубиной эрозионного вреза до 80 м. К настоящему времени естественный рельеф рассматриваемой площади нарушен сооружениями ГОКа: карьером, водохранилищем, хвостохранилищем, объектами промплощадок. На южном и восточном флангах карьера сформированы отвалы вскрышных пород. Абсолютные отметки поверхности вблизи карьера изменяются в среднем от 185 до 230 м.

Карьер приурочен к водоразделу рек Речица и Чернь, являющихся притоками р. Свапы, которая принадлежит бассейну р. Сейм, протекающей вдоль южной границы участка работ.

### 1.1.1 Рельеф

Изучаемая область представляет собой сильно расчлененную эрозионными процессами равнину. Район расположен на западном склоне Среднерусской возвышенности. По долине р. Свапы расположена граница между северо-западной и юго-восточной областей, которые можно разделить по степени и характеру эрозионного расчленения. Юго-восточная область — долина р. Свапы с комплексом четвертичных террас имеет абсолютные отметки 160-170 м. Территория эта имеет более равнинный характер, с меньшим эрозионным расчленением. Молодые растущие овраги и промоины развиты значительно слабее. Северо-западная область — более возвышенная равнина с густой речной и овражно-балочной сетью. Абсолютные отметки ее изменяются от 250-260 м на севере, 230-240 м на юге. Амплитуда колебания высот рельефа 113 м.

### 1.1.2 Гидрография

В районе исследований расположены водосборы рек, принадлежащих к бассейнам Днепра и Волги. Основной рекой бассейна Днепра является р. Свапа, впадающая в р. Сейм, с притоками Песочной, Чернью, Усожи и другими. В таблице 1.1 представлена гидрографическая характеристика района.

Ширина рек изменяется в широких пределах от 2-3 м в верховьях, до 7-10 м в устьях. Глубины рек в верховьях не превышают 1 м, в нижних створах глубины могут составлять 2-3 м на плесах. Скорость течения рек на плесах незначительная 0,2-0,4 м/с, в период половодья может достигать 0,7-1,1 м/с. Источником питания являются: дождевые воды (10-20%), грунтовые (30-35%) и талые снеговые воды (50-60%).

*Река Свапа* берет начало за восточной границей района и на изучаемую территорию заходит средним течением. На большей части района река течет в направлении, близком к широтному. Долина р. Свапы хорошо разработана, имеет асимметричное строение: правый склон — крутой, левый — очень пологий.

Русло реки активно меандрирует; только в юго-западной части района, южнее д. Ратманово оно довольно прямолинейно. Ширина русла увеличивается от 10-15 м на востоке территории до 55-65 м на юго-западе ее. Глубина реки соответственно варьирует от 0,6-0,7 м до 5-6 м. Скорость течения не превышает 0,2 м/сек. По левобережью развиты четыре надпойменные террасы. На правом берегу террасы сохранились в виде нешироких, часто прерывистых полос.

*Река Белый Немед* — правый приток р. Свапы протяженностью 33 км. Направление течения — юго-западное. Долина реки широкая, по обоим берегам прослеживаются четыре уровня надпойменных террас. Пойма заболочена. Русло реки меандрирует, местами заросло осокой и слабо выражено. Ширина русла не превышает 9 м, глубина около 0,5 м. Скорость течения реки составляет 0,3 м/сек.

*Река Песочная* впадает в р. Свапу с правого берега на 144 км от устья и течет в направлении, близком к меридиональному. Долина реки асимметрична: правый склон более крутой, изрезан развивающимися оврагами. Склоны долины крутые. Пойма неширокая. Русло извилистое, ширина его до 15 м. Глубина реки в среднем 0,5-0,7 м. На большей части долины р. Песочной узкая, расширяется она южнее с. Хлынино, где по обоим берегам реки прослеживается полный комплекс надпойменных террас.

В настоящее время долина р. Песочная в верхнем течении полностью утратила свой природный облик из-за деятельности хвостохранилища обогатительной фабрики.

*Река Усожа* — самый крупный приток р. Свапы, впадает с левого берега на 138 км от устья. Долина асимметрична, с более крутым правым склоном. Русло реки меандрирует. Ширина русла в месте впадения до 25 м, глубина реки на этом же отрезке возрастает от 1 до 5 м. Скорость течения составляет 0,2 м/сек. Пойма широкая, местами заболоченная. По обоим берегам прослеживается три надпойменные террасы, сливающиеся с террасовыми уровнями р. Свапы

*Река Чернь* берет начало в Кромском районе Орловской области, она впадает в р. Свапу с правого берега на 135 км от устья. Справа р. Чернь принимает два больших притока (р. Рясник и р. Речица), которые по длине почти не уступают главной реке, но менее полноводны. Русло р. Черни неширокое (10-12 м), глубина не более 3 м. Скорость течения составляет — 0,3 м/сек. Долина реки хорошо разработана, асимметрична (правый склон — более крутой). Пойма узкая, заболоченная. По обоим берегам прослеживаются фрагменты первой и второй надпойменных террас, в низовьях реки появляются также третья и четвертая надпойменные террасы. В нижнем течении на протяжении 11 км она протекает в глубоком искусственном русле.

*Река Рясник* впадала в р. Чернь с правого берега у д. Курбакино до появления карьера. В естественном состоянии река имела длину 22 км. В настоящее время за контуром карьера производится регулирование стока р. Рясник двумя плотинами с комплексом сооружений для перекачки воды в р. Чернь.

Самый крупный приток р. Черни — р. Речица впадает с правого берега у с. Остапово на расстоянии 4 км от устья. Она имеет длину 23 км, площадь водосбора 164 км<sup>2</sup>. На р.

Речица у г. Железногорска имеется водохранилище с площадью зеркала 0,23 км<sup>2</sup> и полезным объемом 0,381 млн.м<sup>3</sup>.

*Ручей Погарщина* — правобережный приток р. Речицы протяженностью 13 км. В 1966 году у д. Разветье сооружена плотина и сдано в эксплуатацию водохранилище. Длина водохранилища 2,15 км, средняя ширина 0,2 км, площадь зеркала при НПУ 1,1 км<sup>2</sup>

Таблица 1.1 — Гидрографическая характеристика рек района

№ п/п	Название реки	Порядок реки	Площадь водосбора (км <sup>2</sup> )	Длина реки (км)	Норма годового стока		
					Модуль стока (л/с км <sup>2</sup> )	Расход (м <sup>3</sup> /с)	Объем стока (млн. м <sup>3</sup> )
1	Свапа	IV	4990	197	4,74	19,6	618,1
2	Свапа, до с. Михайловка	IV	2800	75	4,68	13,1	413
3	Усожа	V	1220	95	4,04	4,93	155,4
4	Белый Немед	V	205	33	3,19	0,65	20,5
5	Песочная	V	103	26	3,19	0,33	10,4
6	Чернь	V	435	40	3,19	2,53	43,8
7	Речица	VI	164	23	3,19	0,72	22,7
8	Рясник	VI	82	22	3,19	0,25	8,0
9	Погарщина	VII	57,0	13	3,19	0,17	5,35

### 1.1.3 Климат

Климат района работ — умеренно-континентальный: жаркое лето и относительно холодная зима. В отчетный период среднегодовая температура воздуха составила: + 7,5 С. Наиболее теплым месяцем был июнь (19,9°С), максимальная температура воздуха зафиксирована 11 августа (+32,5°С). Наиболее холодный был январь (-6,7°С), абсолютный минимум отмечался 26 января (-19,6°С).

Количество выпавших атмосферных осадков в 2016 году составило 719,0 мм, среднее многолетнее значение равно 632,3 мм. Максимальное количество осадков выпало в сентябре — 149,3 мм, то есть больше среднемноголетнего значения в 2,4 раза (61,0 мм).

Сравнительная характеристика режимов выпадения атмосферных осадков в исследуемом районе проводилась на основе многолетних средних значений, полученных за период с 1967 по 2018 годы.

Максимальная высота снежного покрова в 2016 году составила 36-38 см (с 25 по 31 марта), глубина промерзания почвы достигала 31 см.

Продолжительность морозного периода составила 109 суток.

Климат района относится к умеренно-континентальному с теплым летом и холодной зимой. Средняя годовая температура воздуха составляет 4,8-5,9°C. Среднегодовая сумма осадков колеблется в пределах 570-670 мм при среднем многолетнем значении 619 мм. Средняя высота снежного покрова составляет 15-20 см, в пониженных частях рельефа достигает 60-90 см. Глубина промерзания почвы 0,8-1,2 м. Мощность почвенного покрова 0,3-1,0 м. Преобладают черноземные почвы.

Зимой преобладают ветры юго-западного направления со скоростью 4-6 м/с, весной-восточного и юго-восточного направлений, летом-западного и северо-западного направлений со скоростью 2-2,5 м/с. Максимальная скорость ветра 24 м/с.

## 1.2 Геологическое строение горнопромышленного района

В структурном отношении территория исследований находится в пределах Воронежской антеклизы. На основании легенды, принятой на расширенном заседании бюро в 1998 году, по стратиграфическому расчленению центра и юга Русской платформы, дано геологическое строение района, в котором выделяются два структурных этажа. Нижний представлен сильнодислоцированными и метаморфизованными породами архея и протерозоя, которые образуют кристаллический фундамент, а верхний — осадочными породами палеозоя, мезозоя и кайнозоя мощностью 200-600 м, что представлено на рисунке 1.2. [3]

*Архейский комплекс* распространен по периферии территории и представлен вулканогенно-осадочными породами обоянской и михайловской серии, сложенных гнейсами, плагиогнейсами с прослоями кварцитов и метабазитов. Общая мощность вскрытой части разреза михайловской серии.

*Протерозойский комплекс* включает в себя осадочно-метаморфические образования курской и оскольской серии — сланцы, кварциты, песчаники, алевролиты. Курская серия разделена на три свиты: стойленскую, коробковскую, курбакинскую. Коробковская свита сложена двумя продуктивными подсвитами, состоящими из железистых кварцитов, и двумя безрудными подсвитами, сложенными углеродистыми сланцами.

*Девонские отложения* подразделяются на средний и верхний отделы. Характер залегания пород среднего отдела, тесно связан с рельефом докембрия. Поверхность напластования пород девона достаточно точно повторяет изгибы рельефа нижнего структурного этажа.

*Юрские отложения* представлены средним и верхним отделами. Батские отложения представлены только континентальными образованиями. Пески представлены, в основном,



мелкозернистой фракцией с примесью среднезернистых, в нижних частях разреза — крупнозернистых песков с гравием. Породы келловейского яруса имеют повсеместное распространение. Толща сложена преимущественно глинами, в разной степени известковистыми с маломощными прослоями глинистого известняка и мергеля. Волжский ярус представлен глинами песчаными и алевролитами с прослоями мелкозернистых песков и сидеритовых песчаников.

*Отложения меловой системы* распространены повсеместно и разделяются на две толщи: нижнюю — терригенную и верхнюю — карбонатную. Нижняя толща охватывает отложения нижнего отдела системы и сеноманского яруса, верхняя толща — туронского, коньякского и сантонского ярусов верхнего отдела меловой системы. Валанжинский, готеривский и барремский ярусы сложены, в основном, темно-серыми и черными алевролитными глинами с прослоями и линзами песков, песчаников и алевролитов. Выше залегает довольно однородная толща разнозернистых, кварцевых песков — аптского, альбского и сеноманского возрастов. Пески от тонкозернистых, до грубозернистых, с малым содержанием глинистых частиц. На контакте с верхней пачкой наблюдается фосфоритовый слой, иногда сцементированный до состояния плиты. Туронский ярус представлен преимущественно мелом, в нижней части сильно опесчаненным. Выше залегают отложения коньякского, сантонского ярусов, представленные мергелями. Иногда встречаются алевролитовые трепелы, глинистые опоки и опокovidные глины. Вся мергельно-меловая пачка пород распространена, в основном, на водоразделах.

*Неогеновые отложения* имеют островное распространение в верхних частях склонов речных долин и представлены маломощными песчано-глинистыми аллювиальными отложениями древних террас.

*Четвертичные отложения* развиты практически повсеместно. Наибольшим распространением пользуются аллювиальные отложения пойм и надпойменных террас и покровные суглинки, слагающие все водораздельные пространства.

Более подробное описание геологического строения участка Михайловского железорудного месторождения представлены в специальной части.

Рисунок 1.2 — Стратиграфическая колонка отложений осадочного чехла района

### **1.3 Гидрогеологическая характеристика района**

Территория Михайловского месторождения находится в южной части Московского артезианского бассейна. Согласно легенде Московской и Брянско-Воронежской серий листов Государственной геологической карты 1989 года и на основании анализа условий залегания и распространения, что показано на рисунке 1.3, фильтрационных свойств водовмещающих пород, на территории выделены следующие гидрогеологические подразделения (общее количество водоносных горизонтов — 18):

Водоносный современный аллювиальный горизонт (aIV);

Водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиальный горизонт (aII-III);

Локальноводоносный ниже-верхнечетвертичный перигляциальный горизонт (prI-III);

Водоносный плиоценовый аллювиальный горизонт (aN<sub>2</sub>);

Водоносный турон-сантонский терригенно-карбонатный горизонт (K<sub>2</sub>t-st);

Водоносный апт-сеноманский терригенный горизонт (Ka-s);

Слабоводоносный берриас-аптский терригенный комплекс (K<sub>1</sub>b-a);

Водоупорный келловейский терригенный горизонт (J<sub>2</sub>k);

Водоносный батский терригенный горизонт (J<sub>2</sub>bt);

Слабоводоносный евлановско-задонский карбонатно-терригенный горизонт (D<sub>3</sub>sr-sm);

Водоносный воронежский карбонатно-терригенный горизонт (D<sub>3</sub>vr);

Водоупорный петинский терригенный горизонт (D<sub>3</sub>pt);

Водоносный саргаевско-семилукский терригенно-карбонатный комплекс (D<sub>3</sub>sr-sm);

Слабоводоносный старооскольско-тиманский терригенно-карбонатный комплекс (Dst-tm);

Водоупорный черноярский терригенно-карбонатный горизонт (D<sub>2</sub>cr);

Водоносный мосоловский карбонатный горизонт (D<sub>2</sub>ms);

Водоносный ряжский терригенный комплекс (D<sub>2</sub>rz);

Слабоводоносная архей-протерозойская зона трещиноватых кристаллических и метаморфических пород (AR-PR).

На исследуемой территории водоносные горизонты кайнозойского возраста имеют практически повсеместное распространение и представлены в долинах рек аллювиальными горизонтами пойменных и надпойменных террас, а на водоразделах водоносным горизонтом в покровных образованиях суглинков. Водоносные горизонты мезозойского комплекса преимущественно безнапорные, редко — с небольшим напором. Все водоносные горизонты в

меловых и четвертичных отложениях находятся в зоне активного водообмена и составляют единый водоносный комплекс — надкелловейский.

Питание водоносных горизонтов мезокайнозойского возраста происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и фильтрации из поверхностных водотоков и водохранилищ. Современная гидрографическая сеть оказывает дренирующее влияние на все водоносные горизонты комплекса и определяет форму потока подземных вод в сторону речных долин при его общем южном направлении.

Водоупорный келловейский терригенный горизонт распространен на описываемой территории повсеместно. Он образует мощную, достаточно выдержанную водоупорную толщу глинистых пород, изолирующую мезозойско-кайнозойские водоносные горизонты от нижележащих юрско-девонских.

В соответствии с условиями разгрузки и питания водоносных горизонтов, и с учетом распространения основных водоупорных толщ в районе, подкелловейский комплекс можно разделить на две зоны. Верхняя зона включает отложения батского яруса юры и водоносных горизонтов франского яруса девона и образует единый девонско-юрский водоносный горизонт. Она характеризуется затрудненным водообменом, питание ее происходит на северо-востоке района за счет перетекания из вышележащих горизонтов.

Нижняя зона замедленного водообмена охватывает отложения ряжского и мосоловского водоносных горизонтов среднего девона и архей-протерозойскую водоносную зону, образуя — среднедевонско-докембрийский водоносный комплекс. Верхняя зона отделена от нижней мощной толщей (40-100 м) слабопроницаемых терригенных отложений среднего девона. [4]

Рисунок — 1.3 Гидрогеологическая колонка района работ

## **1.4 Геоморфология**

На территории районов КМА в 60-70е годы XX века происходило активное развитие горнопромышленной деятельности, что привело к интенсивному и быстрому преобразованию существующих природных ландшафтов в техногенные. В районах активной разработки железных руд можно выделить несколько групп антропогенно преобразованных ландшафтов. К ним относятся: техногенные ландшафты, преобразованные человеком, с нарушенной литогенной основой и не имеющих ничего общего с первоначальным природным обликом; природно-техногенные ландшафты, характеризующиеся сниженной

биопродуктивностью в связи с загрязнением всех компонентов отходами горного производства и активностью экзогенных геологических процессов.

В регионе КМА в связи с активной горнодобывающей деятельностью, в районах размещения горнодобывающих предприятий господствуют техногенные геоморфологические формы в виде карьеров, отвалов вскрышных пород, гидроотвалов и хвостохранилищ. [10]

### **1.5 Экологическое состояние территории**

Железногорский район Курской области в отношении загрязнения окружающей среды является наиболее неблагоприятным, так как на его территории существует горнопромышленный комплекс Курской магнитной аномалии (КМА) и находится зона загрязнения радионуклидами. Имеется также ряд других факторов, способствующих ухудшению качества природной среды, и один из них загрязнение внутренних вод.

Проведенные в разные годы исследования выявили неуклонный рост загрязнения почв тяжелыми металлами и их соединениями, которые являются опасными загрязнителями окружающей среды. Расширяются ареалы загрязнения и увеличиваются их концентрации.

В настоящее время тяжелые металлы занимают второе место по распространенности среди других загрязнителей. Поэтому вопрос оценки загрязнения территории тяжелыми металлами весьма актуален, так как это одна из наиболее токсичных и мобильных групп загрязнителей аккумулируется в отдельных звеньях биологического круговорота и обладает высокой биологической активностью.

Почвы, будучи компонентами сбалансированных природных экосистем, находятся в динамическом равновесии со всеми другими компонентами биосферы. Однако при использовании в разнообразной хозяйственной деятельности почвы часто загрязняются, теряют природное плодородие или даже полностью разрушаются. Разрушение почвенного покрова имеет место там, где деятельность человека может быть определена как нерациональная, экологически не обоснованная, не соответствующая природному биосферному потенциалу конкретной территории.[17]

В настоящее время проводятся многочисленные исследования источников и причин загрязнения земель тяжелыми металлами.

На основе внедрения последних достижений науки и современных технологий, одним из главных направлений деятельности Михайловского ГОКа — охрана окружающей среды. Ежегодно на предприятии издается Приказ «Об охране окружающей среды».

Отдел охраны окружающей среды осуществляет организацию производственного экологического контроля, внедрение научных и проектных работ природоохранного назначения. Производится: охрана воздушного бассейна с целью снижения воздействия взрывных работ; охрана водного бассейна, на комбинате действует 10 систем оборотного технического водоснабжения, воды перед сбросом в водоемы проходят механическую отчистку, пользование поверхностными водными объектами осуществляется на основе лицензии на водопользование; особое внимание уделяется рекультивации отработанных земель с лесохозяйственным направлением; обращение с отходами производства, учет образующихся, временно размещаемых и реализуемых отходов, планом мероприятий по охране окружающей среды предусматривается уменьшение образования отходов, вторичная их переработка, рациональное использование земельных и минеральных ресурсов.

## 2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Геологическое строение месторождения

В геоструктурном отношении район Михайловского месторождения приурочен к северо-западной части Воронежской антиклизы, разделяющей Днепровско-Донецкую впадину и Московскую синеклизу.

В геологическом разрезе выделяются два структурных этажа: верхний и нижний. Нижний представлен сильно дислоцированными и метаморфизованными породами архея и протерозоя, которые образуют кристаллический фундамент. Полезное ископаемое приурочено к нижнему структурному этажу.

Верхний этаж слагают осадочные отложения палеозоя, мезозоя и кайнозоя общей мощностью 40-600 м.

В породах кристаллического фундамента выделяются архейский и протерозойский комплексы.

На рисунке 2.1 представлена обзорная геологическая карта района Михайловского месторождения.

Архейский комплекс (AR) сложен обоянской и михайловской сериями. В обоянской серии выделяются гнейсы, плагиогнейсы, местами с прослоями магнетитовых и биотитово-роговообманковых кварцитов. Михайловская серия сложена в основном метабазами.

Нижнепротерозойский комплекс (PR) образован осадочно-метаморфическими породами курской и курбакинской серий. Курская серия представлена сланцами, рудными и безрудными кварцитами, песчаниками, алевролитами. Курбакинская серия сложена кварцевыми порфирами, туфогенными песчаниками, сланцами. В кровле пород фундамента почти повсеместно развита кора выветривания мощностью 10-15 м.

Выше по разрезу залегают палеозойские отложения (PZ), которые представлены девонской и каменноугольной системами.

В девонской системе выделены средний и верхний отделы. Средний отдел девона включает эйфельский и живетский ярусы, в которых выделяются следующие геолого-генетические комплексы (снизу вверх):

*клинцовский (морсовкий) (D<sub>2</sub>kl)* горизонт эйфельского яруса, сложенный алевролитами, алевролитами, глинами, известняками, доломитами, мергелями, песками, песчаниками мощностью от 5-13 м;

*мосоловский горизонт (D<sub>2</sub>ms)* известняков мощностью до 30-40 м с подчиненными прослоями глин и мергелей, также относящейся к эйфельскому ярусу;

*черноярский горизонт* ( $D_2$ )

г) эйфельского яруса мощностью 3-11 м, сложенный глинами с прослоями известняков, мергелей, реже песчаников, песков, алевроитов;

*старооскольский надгоризонт* ( $D_{2s}$ ) среднего отдела девона (живетский ярус) включает в себя воробьевский, ардаатовский и муллинский горизонты общей мощностью от 20 до 80 м, представленные пестрой пачкой чередующихся глин, алевроитов, алевролитов, песков, песчаников.

Верхний отдел девонской системы охарактеризован осадками франского и фаменского ярусов. В них выделены горизонты: пашийский, тиманский, саргаевский, семилукский, петинский, воронежский, евлановский, ливенский, елецкий, задонский и лебедянский. Пашийские и тиманские отложения образуют подсвиту мощностью около 30 м, сложенную пестроцветными глинами, алевроитами, песками, песчаниками.

*Саргаевско-семилукская пачка* ( $D_{3sr+sm}$ ) общей мощностью 40-45 м представлена известняками, мергелями, глинами и песчаниками.

*Петинский горизонт* ( $D_{3pt}$ ) маломощный (2-8 м) и сложен преимущественно глинами с включениями известняков и мергелей.

Выше вскрыты известняки, песчаники, мергели, алевролиты, алевроиты и пески *воронежского горизонта* ( $D_{3vr}$ ).

*Евлановский и ливенский горизонты* ( $D_{3ev+lv}$ ) разделены слоями глин мощностью 3-4 м и сложены в основном известняками и доломитами с подчиненными прослоями конгломератов, реже глин.

*Задонский горизонт* ( $D_{3zd}$ ) представлен песчано-глинистыми отложениями (на северо-востоке региона) и карбонатными образованиями (на северо-западе). Мощность отложений 12-22 м.

*Елецкий горизонт* ( $D_{3el}$ ) сложен трещиноватыми доломитизированными известняками и доломитами, песками и песчаниками. Мощность горизонта составляет 22,5-50,7 м.

*Лебедянский* ( $D_{3lb}$ ) и *данковский* ( $D_{3d}$ ) горизонты распространены на крайнем севере региона и представлены сильно трещиноватыми кавернозными доломитами, иногда с прослоями песка. Суммарная мощность отложений составляет 7-45 м.

Для девонских осадков характерно выклинивание отдельных слоев, уменьшенные их мощности, полный или частичный размыв в местах поднятий кристаллического фундамента.

Каменноугольная система (С) представлена нижним и средним отделами.

Нижний отдел каменноугольной системы ( $C_1$ ) включает визейский и серпуховский ярусы.

*Визейский ярус* ( $C_{1v}$ ) выражен тульским ( $C_{1tl}$ ), алексинским ( $C_{1al}$ ) и венёвским ( $C_{1vn}$ ) горизонтами, которые сложены песками, глинами, алевритами, известняками общей мощностью до 75 м.

В *серпуховском ярусе* ( $C_{1sr}$ ) выделяются тарусский ( $C_{1tr}$ ), стешевский ( $C_{1st}$ ) и протвинский ( $C_{1pr}$ ) горизонты, включающие известняки и доломиты. Общая мощность отложений достигает 10 м.

Средний отдел каменноугольной системы ( $C_2$ ) сложен башкирским ярусом ( $C_2b$ ), представленным известняками с прослоями глин. Мощность отложений достигает 5 м.

Для отложений карбона, как и для девонских осадков, характерен полный или частичный размыв в местах поднятий кристаллического фундамента.

Мезозойская эра представлена юрской и меловой системами.

Юрская система выражена главным образом средним отделом, который образован батским и келловейским ярусами.

В осадках *батского яруса* ( $J_2bt$ ) преобладают пески, переходящие в алевриты и глины. Для нижней части характерны включения гравия, обломков доломитов и известняков. Мощность батских отложений составляет 25 м, иногда достигает 56 м, мощность глин колеблется от долей метра до 13 м.

Толща *келловейских образований* ( $J_2k$ ) мощностью 18-41 м сложена в основном глинами с тонкими прослоями известняков, мергелей песков. В верхах разреза среди песчанистой глины присутствует галька фосфоритов. Толща служит региональным водоупором.

Верхний отдел юрской системы представлен оксфордским, кимериджским и волжским ярусами.

*Оксфордский ярус* ( $J_3o$ ) сложен песчаниками, глинами и алевритами мощностью до 62 м, развит на юго-западе исследуемой территории.

*Кимеридский ярус* ( $J_3km$ ) образован глинами и алевритами общей мощностью 7,0-23,5 м, распространен на юго-западе территории.

*Волжский ярус* ( $J_3v$ ) выражен глинами с прослоями песков и известняков общей мощностью до 30 м.

Местами осадки верхнего отдела полностью размыты.

Выше по разрезу залегают меловые отложения.

Меловая система ( $K$ ) включает нижний и верхний отделы и состоит из терригенной и карбонатной толщи.



Нижняя терригенная толща характеризует нижний отдел системы, сложенный *валанжинским* ( $K_{1v}$ ), *готеривским* ( $K_{1g}$ ) и *барремским* ( $K_{1br}$ ) ярусами. Эти ярусы сложены главным образом алевритистыми глинами с линзами и прослоями песков, песчаников и алевритов. Общая мощность осадков валанжина, готерива и баррема составляет 20-30 м.

Выше залегают аптский и альбский ярусы.

*Аптский ярус* ( $K_{1a}$ ) включает континентальные, реже прибрежно-морские песчано-глинистые отложения разной степени сортированности. В разрезе преобладают пески. Мощность отложений яруса 1-15 м.

*Альбский ярус* ( $K_{1al}$ ) залегает на размытой поверхности апта, сложен песками. Мощность отложений до 20 м.

Верхний отдел меловой системы включает в себя отложения сеноманского, туронского, коньякского, сантонского, кампанского и маастрихтского ярусов.

*Сеноманский ярус* ( $K_{2s}$ ) сложен кварцево-глауконитовыми песками с желваками и прослоями фосфоритов. Мощность отложений 7-10 м.

Пески аптского, альбского и сеноманского ярусов от тонкозернистых до грубозернистых с низким содержанием глинистых частиц. На контакте с верхней пачкой наблюдается фосфоритовый слой, иногда сцементированный до состояния плиты. В нижней части толщи встречаются прослоя и линзы песчаников.

Выше залегает карбонатная толща, представленная главным образом белым писчим мелом, трепелами, опоками, мергелями, отнесенными к осадкам туронского, коньякского, сантонского, кампанского и маастрихтского ярусов.

*Туронский ярус* ( $K_{2t}$ ) представлен писчим мелом. Низы яруса сложены песчаными материалом с галькой фосфоритов. Мощность отложений изменяется от 0,5 м (на севере) до 40 м (на юге).

*Коньякский ярус* ( $K_{2k}$ ) сложен белым мелом. Мощность яруса достигает 40 м.

*Сантонский ярус* ( $K_{2st}$ ) имеет фациально измененный комплекс пород от алевритов до песков на юге территории. Мощность отложений достигает 160 м.

*Кампанский ярус* ( $K_{2cp}$ ) сложен мелом и мелоподобным мергелем мощностью до 45 м, развит на юго-западной части территории.

*Маастрихтский ярус* ( $K_{2m}$ ) представлен белым писчим мелом мощностью до 40 м, распространен на юго-западе исследуемой территории.

Вблизи карьера отложения карбонатной толщи частично или полностью размыты.

Выше по разрезу распространены кайнозойские отложения, включающие в пределах описываемого региона палеогеновую, неогеновую и четвертичную системы.

Палеогеновая система (P) представлена эоценом и олигоценом.

Эоцен (P<sub>2</sub>) включает каневские, бучакские и киевские слои.

*Каневские слои* (P<sub>2</sub>kn) имеют распространение в пределах южной части территории, представлены песками и песчаниками общей мощностью 10-20 м.

*Бучакские слои* (P<sub>2</sub>bč) совпадают по площади распространения с каневскими и представлены кварцевыми песками с прослойками глин и алевроитов общей мощностью до 30 м.

*Киевские слои* (P<sub>2</sub>kv) сложены глинами и алевроитами. Мощность отложений достигает 25 м.

Олигоцен (P<sub>3</sub>) включает только харьковские слои.

*Харьковские слои* (P<sub>3</sub>hr) сложены опоковидными алевроитистыми глинами, глинистыми алевроитами, песками и песчаниками.

Мощность олигоцена достигает 20 м.

Нерасчлененная толща палеоген-неогеновых отложений представлена полтавскими слоями (P<sub>3</sub><sup>2</sup> — N<sub>1</sub><sup>2</sup> pl), которые сложены белым или пестроокрашенным песком. Общая мощность отложений достигает 30 м.

Неогеновая система (N) развита на юге и западе территории, где выделяются отдельные островки неогеновых отложений. В долине рек и крупных балок система представлена песчаным аллювием, на водоразделах — глинистыми образованиями. Мощность песчаных отложений достигает 20 м, глинистых образований — до 8 м.

Четвертичная система (Q) развита практически повсеместно, отсутствуя лишь на крутых склонах эрозионной сети. В пределах междуречий широко распространены аллювиальные, делювиальные лессовидные суглинки. Мощность отложений достигает 20-25 м. В районе речных долин и балок развиты современные и древние аллювиальные отложения.

Рисунок 2.1 — Обзорная геологическая карта района Михайловского месторождения

Условные обозначения к рисунку 2.1: Четвертичная система — Q. Отложения нерасчлененные. Пески, супеси и суглинки.

Палеогеновая-неогеновая системы. Полтавская серия. Пески, песчаники и глины.

Меловая система. Верхний отдел. 2 — Коньякский и сантонский ярусы объединенные. Опоки глинистые, глины и мергели опоковидные. 3 — Туронский ярус. Мел белый писчий. 4 — Сенманский ярус. Пески зеленовато-серые, кварцево-глауконитовые с прослоями фосфоритов. Нижний отдел. 5 — Альбский ярус. Пески светло-серые кварцевые. 6 — Неокомский надъярус и аптский ярус объединенные. Алевриты и глины черные. Пески глинистые.

Юрская система. 7 — Верхний отдел. Келловейский ярус. Нижневолжский подъярус. Глины светло-серые, слоистые, известковистые. 8 — Средний отдел. Верхнебатский подъярус. Пески кварцевые с линзами бурого угля, алеврита и глин.

Девонская система. Верхний отдел. Франский ярус. 9 — Верхнефранский подъярус. Евлановский и ливенский горизонты объединенные. Доломиты серовато-зеленые кавернозные с прослоями глин. 10 — Верхнефранский подъярус. Воронежский горизонт. Мергели, песчаники и алевролиты. 11 — Среднефранский подъярус (семилукский горизонт). Известняки. 12 — нижнефранский подъярус (шигровская свита нерасчлененная). Вверху известняки глинистые, внизу — глины, алевриты. 13 — Средний отдел. Живетский ярус. Старооскольский горизонт. Алевролиты, глины и алевриты, известняки, пески. 14 — Протерозой. Железистые кварциты, сланцы, граниты, эффузивы и продукты выветривания. 15 — Линеаменты современного рельефа, отождествляемые с молодыми посткайнозойскими разломами. 16 — Буровые скважины. 17 — Михайловское железорудное месторождение.

## 2.2 Инженерно-геологическая характеристика горного массива

Михайловское железорудное месторождение характеризуется наличием двух комплексов горных пород, значительно отличающихся по своим физико-механическим свойствам: нижний комплекс представлен рудно-кристаллическими породами и верхний комплекс — рыхлыми осадочными породами. Физико-механические свойства горных пород Михайловского месторождения представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 — Физико-механические свойства горных пород Михайловского месторождения

№	Наименование пород	Геологиче	Физико-механические свойства пород
---	--------------------	-----------	------------------------------------

п/п		ский индекс	Естественная плотность, $\gamma$ (т/м <sup>3</sup> )	Сцепление, $C$ (т/м <sup>2</sup> )	Угол внутреннего трения, $\phi$ (градус)	Ест. влажность, $W$ (%)	Пористость, $n$ (%)	Кэфф. фильтрации и Кф(м/сут)	Число пластичности, $M_p$
1	Пески аллювиальные	aQ <sub>3-4</sub>						0,07-2,6	
2	Суглинки лессовидные	eQ <sub>1-3</sub>	1,74	2,1	34	20,7	45,7	0,1-0,5	
3	Суглинки	eQ <sub>2-3</sub>	1,95	1,9	26	21,7	39,6	0,1-0,5	10,1
4	Мергели, мел, опоки	K <sub>2</sub> st-t						2,0-6,0	
5	Пески	K <sub>2</sub> a-s	1,81	0,3	32	21,6	38	0,2-14,2	
6	Пески, алевриты,	K <sub>1</sub> v	1,85		35	21	36	0,2-1,4	
7	Глины	K <sub>1</sub> br	1,93	0,4	22	25	45	0,003	11
8	Алевриты	J <sub>3</sub> v	2	4	17	24	37,4	0,001	
9	Глины	J <sub>2</sub> k	1,95	8	15	27	44		23
10	Пески	J <sub>2</sub> bt	1,74	0,7	33	18	36	0,03-12,5	
11	Глины	J <sub>2</sub> bt	1,86	6	22	28,3	41		21
12	Известняки, мергели	D <sub>3</sub> sr						0,16-2,6	
13	Глины	D <sub>3</sub> sm	2,09		47	18,8	39	0,47	19
14	Алевриты, пески	D2čr	1,84			13,8	35	0,023-4,8	
15	Известняки, доломиты	D <sub>2</sub> ms						0,02-5,0	
16	Пески, алевриты, известняки	D <sub>2</sub> kl-rz						0,6-17,0	
17	Богатые руды	PR <sub>1</sub>	2,92	6	21	22,4	50	0,006-2,88	
18	Железистые кварциты	PR <sub>1</sub>	3,5	300	32	0,5		0,03-12,0	

По данным «Геологического отчета о разведке и пересчете запасов железных руд Михайловского месторождения КМА по состоянию на 01.01.1985 г.» газовыделений при эксплуатации месторождения не проявляется.

Согласно «Заключения о склонности Михайловского месторождения к горным ударам» (Научный центр геомеханики и проблем горного производства Университета «Горный». Санкт-Петербург, 2014 г.) Михайловское месторождение отнесено к склонным по горным ударам, а с глубины более 700 м — к опасным по горным ударам. [12]

### 2.3 Гидрогеологические условия

В пределах рассматриваемого района подземные воды приурочены ко всем возрастным подразделениям осадочного чехла и трещиноватым зонам кристаллического фундамента. По гидродинамическим особенностям, геологическому строению, условиям питания и разгрузки водоносных горизонтов, геоструктурным особенностям территории в разрезе исследуемого района выделяются три гидродинамические зоны: верхняя, средняя и нижняя, что представлено на рисунке 1.3.

К верхней зоне можно отнести современный аллювиальный, средне-верхнечетвертичный, окско-днепровский, неогеновый, харьковский, полтавский, киевско-бучакский, турон-маастрихтский, турон-коньякский, альб-сеноманский водоносные горизонты.

К средней зоне приурочены: бат-келловейский водоносный горизонт, каменноугольный водоносный комплекс, елецкий, задонский, ливенский, евлановский, петинско-воронежский, верхнешигровско-семилукский водоносные горизонты верхнего девона.

К нижней гидродинамической зоне относятся мосоловско-старооскольская спорадически обводненная толща, морсовский водоносный горизонт, водоносная зона трещиноватых архей-протерозойских кристаллических пород.

Основным водоупором, отделяющим верхнюю гидродинамическую зону от средней, являются слабопроницаемые породы верхнеюрского возраста (глины кимериджского, оксфордского и келловейского ярусов). Мощность водоупора 40 – 60 м. Отсутствие водоупорных пород отмечается в северной части свода Воронежской антеклизы.

Региональным водоупором, отделяющим среднюю гидродинамическую зону от нижней, является мосоловско-старооскольская толща среднего девона, которая приурочена к пластам глин с прослоями алевроитов. Мощность водоупора достигает 100 м. В южной части района, где девонские отложения отсутствуют, средняя и верхняя гидродинамические зоны залегают непосредственно одна над другой.

Альб-сеноманский водоносный горизонт вскрыт на глубине около 30 м и распространен вдоль всего участка западного борта. Апт-неокомская обводненная толща развита спорадически. В состав «традиционного» альб-сеноманского водоносного горизонта включены и отложения апта, сходные по своему литологическому составу и водно-физическим свойствам с отложениями альб-сеномана.

В кровле горизонта залегают мергельно-меловые и суглинистые отложения меловой и четвертичной систем. Кровля горизонта в сглаженной форме повторяет рельеф местности. В подошве пласта залегают глины апт-неокома и юрской системы. Мощность горизонта до 35 м.

Водовмещающими попордами являются мелко, средне и крупнозернистые пески с включениями песчаников, фосфоритов, гравелистых и глинистых фракций.

Характерны существенные колебания гранулометрического состава песков в разрезе и по площади. При этом возможно наличие участков, где преобладают мелко- и тонкозернистые разности песков с глинистыми фракциями.

По результатам гидрогеологических изысканий прежних лет оценен гранулометрический состав апт-сеноманских водоносных песков: глинистые частицы — 3-6%, пылеватые — 15-20%, песчаные — 78-80%, причем в последних преобладают тонкие и мелкие фракции до 0,25 мм (70-80% от песчаных частиц).

Таким образом, пески апт-сеномана могут быть определены как тонко и мелкозернистые.

Значения коэффициента фильтрации изменяются в широких пределах от 3,9 до 19,7 м/сут при преимущественном значении порядка 10 м/сут.

Водообильность горизонта также характеризуется невыдержанностью по площади. На большей части территории, средняя водообильность колеблется в пределах 1,08-3,6 м<sup>3</sup>/ч при понижениях 2-6 м.

Водопроницаемость пласта изменяется от 100 до 355 м<sup>2</sup>/сут при наиболее частом значении показателя 220 м<sup>2</sup>/сут.

Горизонт слабо напорный. К настоящему времени за счет дренажа бортом карьера горизонт имеет безнапорный режим.

По химическому составу воды горизонта гидрокарбонатные кальциевые, натриево-магниевые-кальциевые, реже встречаются воды сульфатно-гидрокарбонатные натриево-магниевые-кальциевые. Воды пресные с общей минерализацией 0,2-1,4 г/л. Воды горизонта широко используются для различных видов водоснабжения.

Верхнеюрский водоупор (J<sub>3</sub>) отделяет альб-сеноманский горизонт от батского и имеет повсеместное распространение. Сложен он толщей келловейских глин с преобладающей мощностью 30-50 м.

Самым мощным (до 90 м) и водообильным на месторождении является бат-келловейский водоносный горизонт (J<sub>2</sub> bt-k). Представлен он песчаными породами батского и нижней опесчаненной частью келловейского ярусов. Горизонт в естественных условиях напорный, напоры возрастают в юго-западном направлении и достигают более 200 м. В результате работы дренажной системы на западном фланге карьера горизонт частично осушен и в пределах намечаемого развития горных работ имеет безнапорный режим. Мощность горизонта изменчива, в среднем составляет 20-30 м, местами 60 м. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,03 м/сут до 14 м/сут, преобладающее значение 5,1-8,6 м/сут.

Воды горизонта по химическому составу гидрокарбонатные кальциевые или магниевые-кальциевые, иногда кальциево-натриевые с минерализацией 0,2-1,0 г/л. Горизонт широко используется для крупного централизованного водоснабжения городов и поселков.

Верхнешигровско-семилуцкий водоносный горизонт ( $D_3 sc_2 - sm$ ) имеет небольшое распространение. Водовмещающие породы представлены известняками и мергелями мощностью 10-15 м. Фильтрационные свойства низкие с коэффициентом фильтрации 0,16-2,6 м/сут. По химическому составу воды гидрокарбонатные, кальциево-магниевые и кальциево-натриевые, минерализация до 0,4-0,8 г/л. Для нужд водоснабжения горизонт не используется ввиду сравнительно низкой водообильности.

Мосоловский водоносный горизонт ( $D_2ms$ ) имеет повсеместное распространение. Литологически представлен переслаиванием глин, песков, алевролитов, песчаников и известняков с суммарной мощностью до 137 м. Водообильность горизонта низкая. По химическому составу воды гидрокарбонатно-кальциевые, кальциево-магниевые с минерализацией до 0,9 г/л.

Морсовский водоносный горизонт ( $D_2 mr$ ) приурочен к разнозернистым пескам и песчаникам. Горизонт напорный (от 65 м до 90 м в центре, до 400 м на севере). Водообильность высокая с удельным дебитом от 1-2 л/сек до 9,8 л/сек. Химический состав вод хлоридно-гидрокарбонатно-натриевый, магниевое-натриево-кальциевый с минерализацией от 0,3 г/л до 1,0 г/л. Горизонт используется для водоснабжения.

Водоносная зона трещиноватых архей-протерозойских кристаллических пород распространена повсеместно. Воды приурочены к трещиноватым железным рудам, кварцитам, сланцам, гранитам и тектоническим нарушениям. Мощность водоносной зоны соответствует глубине распространения трещиноватости и колеблется в широких пределах от нескольких метров до 300-400 м, реже до 500 м. Водообильность пород изменчива и зависит от степени трещиноватости водовмещающих пород. Коэффициенты фильтрации богатых руд изменяются от 0,1 до 12 м/сут, кварцитов — от 0,008 до 1,7 м/сут, сланцев и гранитогнейсов — от 0,0001 до 0,0008 м/сут. В пределах Михайловского месторождения удельные дебиты скважин достигают 0,5-0,7 л/с. Сильно обводненными являются незалеченные разломы в породах кристаллического фундамента. Воды обладают напором, который достигает 150 и более метров. По химическому составу подземные воды зоны изменяются от гидрокарбонатных кальциевых и гидрокарбонатных натриевых до хлоридно-сульфатных натриевых и хлоридных натриевых. Минерализация подземных вод по мере погружения кристаллического фундамента изменяется от 0,4 до 18-20 г/л.

Таким образом, гидрогеологические условия участка работ характеризуются как сложные. Естественный режим водоносных горизонтов нарушен за счет работы карьера и системы дренажа. Депрессионные воронки, как правило, имеют стационарный характер. Водоотбор в водоносных горизонтах верхней зоны компенсируется атмосферным питанием

подземных вод. В нижней зоне естественные ресурсы подземных вод относительно не велики из-за затрудненных условий их восполнения.

В данных гидрогеологических условиях основными обводняющими водоносными горизонтами являются альб-сеноманский, батский, девонский, рудно-кристаллический. Поэтому существующая и проектируемая системы осушения направлена на перехват потока подземных вод именно этих горизонтов.

Осушение карьера осуществляется системой подземных горных выработок подземного дренажного комплекса (ПДК) и пробуренных из них восстающих скважин.

Система осушения обеспечивает безопасные условия ведения вскрышных и добычных работ на расчетный период отработки месторождения, а также благоприятные условия эксплуатации горно-добычного и горно-транспортного оборудования, машин и механизмов.

Дренажная шахта входит в состав дренажного комплекса наряду с карьерным водоотливом и внутрикарьерными дренажными устройствами (дренажные каналы, водосбросные скважины), перекачной насосной станцией и магистральным водоводом для сброса дренажных вод в хвостохранилище.

*Схема существующего водоотлива.* Шахтный водоприток складывается из подземных вод, поступающих из восстающих скважин и из трещинных зон кристаллических пород, а также из поверхностных вод, поступающих из карьера через водосбросные скважины и от насосных установок открытого карьерного водоотлива. С 2000 г. по 2015 г. суммарный шахтный водоотлив стабилизировался и колеблется в пределах 20,4-20,6 млн. м<sup>3</sup> в год. Все воды в конечном итоге поступают в подземные выработки дренажной шахты и по водоотводным лоткам (каналам) собираются в водосборники комплексов водоотлива гор. -20 м и -100 м.

Распределение подземных дренажных вод по водоносным горизонтам на 2016 год приведено в таблице 2.3.

Таблица 2.3 — Распределение вод по горизонтам и типам



Водоносный горизонт	Количество откаченной воды, м <sup>3</sup>	Использование по типу		
		Хозяйственно-питьевое, м <sup>3</sup>	Производственно-техническое, м <sup>3</sup>	Сброс без использования, м <sup>3</sup>
<b>Подземные воды</b>				
апт-сеноманский	1 843 217	0	1 790 266	52 951
батский	12 783 158	0	12 415 927	367 231
девонский	185 188	0	179 870	5 318
архей-протерозойский	1 645 729	0	1 598 451	4 7278
<b>Итого</b>	<b>16 457 292</b>	<b>0</b>	<b>15 984 514</b>	<b>472 778</b>
<b>Поверхностные воды</b>				
атмосферные осадки	3 777 156	0	3 673 681	103 475
<b>Всего</b>	<b>20 234 448</b>	<b>0</b>	<b>19 658 195</b>	<b>576 253</b>

Схема водоотлива представлена на рисунке 2.2.

Поверхностные воды, собираемые в чаше карьера, составляют до 19% от объема всей откачиваемой воды из подземного дренажного комплекса.

Шахтная вода используется для технических нужд комбината - основной объем ее идет для пополнения запасов воды хвостохранилища. В летнее время вода из шахтного водоотлива используется для технических нужд участками рудоуправления (дробильный комплекс, участок осушения) и пескообогатительной установкой.

Водоотлив шахты — ступенчатый, состоит из водоотливных установок, оборудованных на горизонтах -20 м, -100 м.

Рисунок 2.2 — Схема существующего водоотлива

#### **2.4 Тектоническое строение месторождения**

В структурном отношении Михайловское месторождение приурочено к северной части юго-западной синклиналиной зоны, что в значительной степени определило литологический состав участвующих в его строении отложений и его структуру. Формирование современной структуры происходило в несколько фаз, в процессе которых сформировались соответствующие комплексы пород, характеризующиеся определенным литологическим составом и структурой.

На рассматриваемой территории можно выделить два структурных яруса: верхнеархейский и нижнепротерозойский, а в составе последнего два подъяруса соответствующих образованиям Курской и Оскольской серии. Тектоническое строение представлено на рисунке 2.3.

*Описание тектонических структур.* Верхнеархейский структурный ярус представлен отложениями Михайловской серии и сопутствующим им магматитами и гранитоидами. Пликативные структуры и дизъюнктивная тектоника этого структурного яруса не изучены.

Нижнепротерозойский структурный ярус включает в себя образования Курской и Оскольской серии, массивы гранитоидов и мелкие тела габбро. Отложения этого яруса смяты в напряженные линейные складки субмеридиального простирания, а более поздним тектоническими нарушениями расчленены на ряд блоков, претерпевших значительные вертикальные перемещения.

В пределах рудного поля выделяются два крупных тектонических нарушения (Курбакинский и Новоялтинско-Копенковский разломы), расчленяющие его на три крупных блока, претерпевших значительные относительные вертикальные перемещения и в связи с этим в различной степени эродированные. Они отличаются между собой характером складчатости, степенью метаморфизма, относительным развитием образований структурных ярусов и развитием магматических пород.

Новоялтинско-Копенковский разлом пересекает все рудное поле, имеет северо-западное простирание, диагональное по отношению к складчатым структурам. Положение разлома определяется преимущественно по геофизическим данным (смена полей, резкая выклика линейных гравимагнитных аномалий). Геологическим подтверждением положения этого разлома является так же разное изменение метаморфизма пород Курской серии.

Рисунок 2.3 — Схема тектонического строения Михайловского месторождения

Условные обозначения к рисунку 2.3:

Нижнепротерозойский структурный ярус (1-5):

1. Верхний структурный подъярус; 2. Нижний структурный подъярус. Железорудная толща и ее метаморфизм (3-4). 3. Зеленосланцевая фация. 4. Эпидот амфиболитовая фация. 5. Посткурский гранитоидный комплекс. 6. Верхнеархейский структурный ярус. 7. Оси синклиналей и их погружение. 8. Оси антиклиналей и их погружение. 9. Элементы залегания пород. 10. Тектоническое нарушение первого порядка. 11. Тектонические нарушения более высоких порядков. 12. Контуры карьера Михайловского ГОКа.

Тектонические блоки: I — Западный; II — Северо-восточный; III — Южный.

Пликативные структуры (в больших кругах): 1. Михайловская синклиналь. 2. Остаповская синклиналь; 3. Новоялтинская синклиналь; 4. Копенковская антиклиналь; 5. Лев-Толстовская синклиналь; 6. Троснянская антиклиналь; 7. Троснянская синклиналь (в малых кругах). 1-2. Новоялтинское месторождение. 1. Лубянский участок. 2. Новоялтинский участок. 3. Бугровский участок. 4. Рясниковский участок. 5. Лужковский участок. 6-7. Михайловское месторождение. Веретенинская залежь. 7. Остаповский участок. 8. Жидеевский участок. 9. Троснянские аномалии. 10. Шепелевский участок. 11. Троснянский участок. 13. Копенковский участок. 14. Новоялтинские аномалии. 15. Курбакинское месторождение.

Курбакинский разлом выделяют в южной части рудного поля. Он имеет северо-восточное простирание и прослеживается от Новоялтинско-Копенковского разлома на юго-запад до Жидеевского участка. Этим разломом срезается Курбакинская полоса железистых кварцитов, ограничивается поле распространения пород Курбакинской свиты.

Западный тектонический блок является наиболее опущенным. Для него характерно наибольшее развитие образования верхнего структурного яруса, слабый (зеленосланцевый) метаморфизм пород Курской серии, отсутствие проявлений интрузивного магматизма, напряженная линейная складчатость. Основным структурным элементом этого блока является Михайловская синклиналь, вытянутая по простиранию почти через все рудное поле с севера на юг на расстояние в 40 км. Залегание крыльев крутое (60-70°), восточное крыло запрокинуто. Ширина синклинали по подошве Коробковской свиты составляет 3-4 км. Замыкание ее по геофизическим данным происходит на глубине 5,5 км. Ось складки погружается в южном направлении. Ядро синклинали выполнено породами Курбакинской свиты, крылья сложены отложениями Курской серии. Между этими свитами наблюдается перерыв в осадконакоплении и стратиграфическое несогласие, однако структурного несогласия не наблюдается. На основании этого, отложения Курской и Оскольской серии, объединены в один структурный ярус, выделив при этом Курбакинскую свиту в верхний подъярус. Отложения Курбакинской свиты залегают на различных горизонтах Коробковской свиты с очень малым угловым несогласием. Анализ материалов по Остаповскому участку и Курбакинскому месторождению, где это несогласие выявлено, достоверно показывает, что в Предкурбакинское время породы Курской серии были смяты в

пологие брахиформные складки северо-восточного простирания с залеганием крыльев под углом не более 10-15°. В главную фазу складчатости отложения Курбакинской свиты совместно с нижележащими Курскими породами были смяты в напряженные линейные складки, которые затушевали несогласие, существовавшие между этими сериями.

В пределах западного блока преимущественным распространением пользуется тектонические нарушения северо-западного простирания. Они имеют сбросовый характер, с падением на восток. Эти нарушения в значительной степени осложнили Михайловскую синклинали. Было сдвинуто ее северное замыкание, а на юге была взброшена Ядерная часть синклинали, в результате чего обособилась Остаповская синклинали структура, к Центриклинальному замыканию которой, приурочено Михайловское месторождение.

Северо-восточный тектонический блок по отношению к западному является в значительной степени приподнятым. Для него характерно более широкое развитие пород нижнего структурного яруса, высокий метаморфизм пород Курской серии (эпидот-амфиболитовая фация), широкое развитие метаморфических пород, сравнительно пологая складчатость.

В южной части блока выделяется Копенковская антиклиналь и Лев-Голстовская синклинали, являющиеся частью единой структуры, осложненной серией поперечных тектонических нарушений. Залегание крыльев сравнительно пологое 30-45°. Простирание осей складок северо-западное с погружением на юго-восток. В северной части блока выделяются Троснянская синклинали, вытянутая в северном направлении на 20 км, ширина ее по подошве Курской серии 3-4 км. Условия залегания пород в этой части блока не установлены, очевидно не круче 40-50°. Ось складки погружается в северном направлении. Диагональными нарушениями северо-восточного простирания синклинали разбита на три блока. Горизонтальные перемещения составляют 1,5-2 км.

Южный тектонический блок является, очевидно, наиболее приподнятым, в его составе преобладают образования нижнего структурного яруса и только в восточной части присутствуют отложения Стойленской свиты. Пликативная и дизъюнктивная тектоника этого блока не выяснены. Отложения Михайловской серии и Стойленской свиты, очевидной, смяты в складки субмеридиального простирания, преобладают поперечные нарушения.

Карьерное поле Михайловского месторождения, с приграничными выработками подземного дренажного комплекса, расположено в пределах пликативных структур Троснянской синклинали. Местоположение карьера приведено на рисунке 2.3 и обозначено символом 6 в маленьком круге. На рассматриваемом участке Михайловского месторождения тектонические нарушения отсутствуют. Фиксируемые тектонические нарушения имеют место на восточном фланге, за пределами рудного массива.

## **2.5 Анализ результатов геодинамического районирования Михайловского месторождения**

Для определения потенциально опасных по проявлению горного давления участков шахтного поля, был проведен анализ результатов НИР «Оценка напряженного состояния массива горных пород Михайловского месторождения в зоне ведения горных работ с использованием методов регионального прогноза удароопасности», выполненной научным центром геомеханики и проблем горного производства национального минерально-сырьевого университета «ГОРНЫЙ». В данной работе установлено, что участок месторождения пересекается 8 швами разломов близмеридиального направления и 3 разломами северо-восточного простирания. В пределах карьера эти разломы образуют несколько тектонически наиболее напряженных узлов пересечения разнонаправленных нарушений. [12]

Направление действия максимальных главных напряжений в регионе Михайловского ГОКа однозначно не определено. При расчетах в граничных условиях величины действующих напряжений ( $\sigma_x$  – широтное,  $\sigma_y$  – меридиональное) приняты:

$$\sigma_x = 1.7\gamma H ; \sigma_y = 2.1\gamma H. \gamma — \text{удельный вес слагающих пород; } H — \text{глубина.}$$

За расчетную схему принята блочная структура района “Михайловского” месторождения представленная на рисунке 2.4. [16]

На рисунках 2.5 и 2.6 приведены расчетные карты напряжений  $\sigma_x/\gamma H$  (широтное) и  $\sigma_y/\gamma H$  (меридиональное) в пределах выделенной системы блоков.

Рисунок 2.4 — Расчетная схема блоковой структуры района «Михайловского» месторождения

Красным показаны разломы выделенные ранее, черным разломы выделенные специалистами лаборатории геодинамики в ходе выполнения работы.

На рисунках 2.5 и 2.6 зоны повышенных напряжений отмечены красными окружностями.

Рисунок 2.5 — Прогнозная карта напряженного состояния ( $\sigma_x/\gamma H$  — широтное) блоковой структуры района Михайловского месторождения

Рисунок 2.6 — Прогнозная карта напряженного состояния ( $\sigma_y/\gamma H$  — меридиональное) блоковой структуры района Михайловского месторождения

Выделенные геодинамические зоны являются прогнозными. Пространственное положение этих зон и их влияние на горные выработки должны уточняться в процессе мониторинга за состоянием прибортового массива.

В результате анализа полученных данных, выделены зоны возможных проявлений горного давления в массиве горных пород Михайловского месторождения, показанные на рисунке 2.7. Их границы не являются фактическими, носят вероятностный характер и могут быть скорректированы с учетом дальнейшей отработки месторождения, в результате локальных исследований напряженно-деформированного состояния массива пород месторождения, методами локального прогноза удароопасности. При этом следует отметить,

что расчетные напряжения в этих зонах существенно ниже напряжений, при которых возможны проявления горного давления для типа пород данного месторождения.

Рисунок 2.7 — Прогнозные зоны повышенных напряжений в массиве горных пород Михайловского месторождения

Дальнейшее исследование по локальному прогнозу возможных проявлений горных ударов следует выполнять на обозначенных участках шахтного поля, с учетом наиболее нагруженных участков массива, к которым относятся: рудные целики; приконтурные зоны литологических разновидностей пород; участки геологических нарушений и складчатого залегания пород; сопряжения выработок и выработки, вскрывающие новые участки горизонтов месторождения.



### **3 ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **3.1 Характеристика района наблюдения**

Определение вертикальных и горизонтальных напряжений проводились в выработке подземного дренажного комплекса на горизонте -225 м. На рисунке 3.1 приведена схема расположения выработок на месте наблюдения в околоствольных выработках наклонного ствола горизонта -225 м. В этом районе породы представлены кварцитами железнослюдково-магнетитовыми темно-серого цвета с полуметаллическим блеском. Текстура массивная, местами широкополосчатая. Структура мелкозернистая с вкраплениями пирита в виде отдельных зерен или тонких прослоек мощностью до 1 мм. Падение кварцитов северо-восточное под углом 55-60°, простирание северо-западное. Трещиноватость незначительная с раскрытием 1-2 мм. Отдельные трещины выполнены гидротермальным кварцем. Породы крепкие, устойчивые. Коэффициент крепости по шкале Протодяконова  $f=19$ .

Рисунок 3.1 — Схема местоположения участков наблюдений на горизонте -225 м

### **3.2 Лабораторные исследования горных пород**

Лабораторные испытания производились на образцах, отобранных с двух участков шахты, на горизонте -225 м. В последующем породы распиливались дисковой пилой на образцы правильной кубической формы (5x5x5), для проведения лабораторных исследований с получением физико-механических свойств (фотография образцов на рис. 3.3). Точные измерения размеров, площади и плотности образцов представлены в приложении А. Отобранная порода представлена кварцитами магнетитовыми темно серого цвета с зеленоватым оттенком. Структура тонко-мелкозернистая. Текстура полосчатая, плейчатая. Слоистость хорошо прослеживается по чередованию рудных слоев (темно-серых) и менее рудных (серых) с большим количеством мелкозернистого кварца.

Рисунок 3.3 — Фотография образцов подготовленных для испытания

*Определение упругих характеристик пород.* Упругие характеристики пород определялись по скоростям распространения продольных и поперечных волн в образцах. Схема определения, показана на рисунке 3.4.

Рисунок 3.4 — Схема определения скорости распространения упругих волн в образцах

Для измерения скорости ультразвука применялся прибор УК-10П, который имеет микропроцессор для автоматического вычисления скорости продольных волн по времени  $T_p$  прихода импульсов на заданной базе  $L$ . Индикация измеренных и вычисленных величин выводится на экран электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), что показано на рисунке 3.4.

Определение скорости поперечной волны  $C_s$  производились по формуле :

$$C_s = \frac{L}{T_s}, \quad (1)$$

где  $L$  — высота образца, мм;  $T_s$  — время поперечной волны, мкс.

Результаты вычислений представлены в приложении В.

В приложении В, приведены значения физико-механических характеристик, определённых экспериментально в лабораторных условиях. К ним относятся: плотность, скорость продольных и поперечных волн, сопротивления образцов сжатию и растяжению.

Определения деформационных характеристик руд и пород по измеренным скоростям производились по формулам:

Коэффициент Пуассона  $\mu$ :

$$\mu = \frac{C_p^2 - 2C_s^2}{2C_p^2 - C_s^2}, (2)$$

где  $C_p$  — скорость продольной волны, м/с;  $C_s$  — скорость поперечной волны, м/с, числовые значения коэффициента Пуассона находятся в пределах от 0,1 до 0,5.

Модуль деформации  $E$ :

$$E = \rho C_p^2 K, (3)$$

где  $\rho$  — плотность породы, кг<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;  $C_p$  — скорость продольной волны, м/с.

$K$  — коэффициент, зависящий от  $\mu$ :

$$K = \frac{E}{\rho C_p^2}, (4)$$

Модуль сдвига  $G$ :

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}, (5)$$

Модуль всестороннего сжатия  $E_v$ :

$$E_v = \frac{E}{1 - 2\mu}, (6)$$

*Определение прочностных характеристик пород.* Прочностные характеристики пород являются важным показателем определяющим свойство пород, сопротивляться разрушению. Эти характеристики были определены в лабораторных условиях, методом одноосного сжатия.

Предел прочности образцов на сжатие определялся методом одноосного вертикального сжатия (рисунки 3.5, 3.6, 3.7, 3.8). Результаты определения предела прочности на сжатие и растяжение приведены в приложении В. Полученные результаты используются при оценке склонности исследуемых горных пород к горным ударам, по методам разгрузки.

Рисунок 3.5 — Образец до вертикального сжатия на прессе

Рисунок 3.6 — Образец после запредельного вертикального сжатия

Пределы прочности на растяжение определялись методом раскалывания с применением встречных клиновидных инденторов, что показано на рисунках 3.7, 3.8.

Рисунок 3.7 — Образец помещенный в клиновидные инденторы до раскалывания

Рисунок 3.8 — Образец после раскалывания клиновидными инденторами

*Определения угла внутреннего трения ( $\varphi$ ) и удельного сцепления ( $C$ ) для скальных руд.* Образцы подвергались испытанию на одноосное сжатие, то есть образец нагружается осевым усилием до тех пор, пока он полностью не разрушится. Испытания проводились на лабораторном прессе П-125 с максимальной нагрузкой 1250 кН.

1. Сопротивление сжатию ( $\sigma_{сж}$ ), Мпа — предел прочности на сжатие. Определение силы, для последующего вычисления предела прочности при одноосном растяжении, производились на прессе — ПС-10. Сила прикладывалась на образцы прямоугольно-квадратной формы. Данный метод определения сопротивления растяжению именуется как испытания образцов клином в приложении Г.

2. Сопротивление растяжению ( $\sigma_{р}$ ), Мпа — предел прочности на растяжение.

Определения угла внутреннего трения ( $\varphi$ ) и удельного сцепления ( $C$ ) для скальных руд и пород проводились по паспорту прочности, построенным, с использованием пределов прочности на сжатие ( $\sigma_{сж}$ ) и растяжение ( $\sigma_{р}$ ).

Результаты расчетов угла внутреннего трения и удельного сцепления представлены в приложении Г.

Пользуясь теорией прочности Мора, были определены, точки предельного состояния горной породы, при различных соотношениях нормальных и касательных напряжений, значения сцепления и угла внутреннего трения, сопротивление пород сжатию, растяжению, то есть паспорт прочности. Для определения паспорта прочности, были получены показатели при одноосном сжатии и растяжении. Затем в координатах нормального (абсцисса  $\sigma$ ) и касательных (ордината  $\tau$ ) напряжений строят круги Мора по данным прочности на одноосное сжатие, растяжение. В точке пересечения общей касательной линии с ординатой определяет величину удельного сцепления,, а угол между касательной и горизонталью определяет угол внутреннего трения.

Рисунок 3.9 — График определения угла внутреннего трения и удельного сцепления

### **3.3 Общие положения к проявлению горного давления**

По характеру и силе, динамические проявления горного давления подразделяются на горно-тектонические удары, горные удары, микроудары, толчки и стрельания.

Динамическим проявлениям горного давления предшествуют проявления их статических признаков на контуре горных выработок: интенсивное заколообразование и шелушение пород.

Месторождения или части месторождений подразделяются на неопасные, склонные и опасные по горным ударам.

*Признаки и формы проявлений горного давления в массиве горных пород.* Внешними признаками, характеризующим склонность массива пород к проявлениям горного давления являются интенсивное заколообразование и шелушение пород.

а)

б)

Рисунок 3.10 — Внешние признаки, характеризующие склонность массива пород к проявлениям горного давления в динамической форме: а) шелушение; б) интенсивное заколообразование

Внешние признаки динамических проявлений горного давления сами не являются проявлениями горного давления в динамической форме (рис. 3.10). Эти признаки, указывают на рост напряжённости массива горных пород и предупреждают о возможности проявления горного давления в динамической форме в данной выработке. Признаки отличаются от динамических проявлений горного давления отсутствием выброса горных пород в выработку, сейсмического и звукового эффектов. При интенсивном заколообразовании может наблюдаться звуковой эффект в виде треска и пылеобразование.

Согласно классификации И.М.Петухова по интенсивности и характеру проявления динамические явления в массиве горных пород подразделяются на стрельяния, толчки, микроудары, горные удары и горно-тектонические удары.

Микроудары и горные удары происходят в краевой части массива пород на контуре горных выработок, рудных и породных целиков локально в одном месте с выбросом горной массы в выработки. Район горного удара и микроудара определяется местом выброса горной массы из краевой части массива или целика.

Толчок и горно-тектонический удар происходят в глубине массива горных пород. Положение очага толчка и горно-тектонического удара определяется только с помощью сейсмостанции.

а)

б)

Рисунок 3.11 — Проявления горного давления в динамической форме в массиве горных пород: а) толчок; б) горно-тектонический удар

Микроудары и горные удары происходят в краевой части массива пород на контуре горных выработок, рудных и породных целиков локально в одном месте с выбросом горной массы в выработки. Район горного удара и микроудара определяется местом выброса горной массы из краевой части массива или целика (рис. 3.11).

Толчок и горно-тектонический удар происходят в глубине массива горных пород. Положение очага толчка и горно-тектонического удара определяется только с помощью сейсмостанции.[5;6]

*Механизмы и факторы проявления горного давления.* Проявления горного давления в массиве пород в динамической и статической формах вызывают две основные группы факторов:

*природные* (не управляемые) — силы тектонического происхождения, остаточные и современные тектонические напряжения, геологическое строение месторождения, глубина залегания руд и пород, рельеф местности, свойства горных пород и другие.

*техногенные или технические* (управляемые) — технологические процессы горного производства и их параметры (системы разработки, наличие целиков и их ширина, способ проведения горных выработок, их пространственная ориентация, величина отставания



крепи от забоя, способы управления кровлей, скорости продвижения очистного забоя, размеры выработанного пространства, взрывные работы, пространственная конфигурация горных работ, близость подготовительных работ к очистным, зона опорного давления, организация работ в забоях и другие).

Главную роль в возникновении горных ударов играют природные факторы, которые существуют не зависимо от того отрабатывается или нет месторождение. Технические факторы, накладываясь на природные, выступают в роли «спускового крючка». Поскольку на каждом отработываемом подземным способом месторождении обязательным условием является наличие обеих групп факторов, то определенное сочетание их в любой момент времени может вызвать проявление горного давления в динамической форме. В этих условиях, исключить полностью динамические проявления горного давления в массиве пород посредством каких-либо локальных или региональных мероприятий не представляется возможным, так как сами эти мероприятия будут выступать в качестве технических факторов. Из природных факторов основную роль в возникновении проявлений горного давления в динамической и статической формах играют напряжения в массиве горных пород.

На Михайловском месторождении, по многолетним исследованиям ВИОГЕМ, установлено, что горизонтальные составляющие общего напряжения превышают вертикальную составляющую. Действие вертикальной составляющей обусловлено силами гравитации, а действие горизонтальных составляющих — тектоническими силами взаимодействия блоковых структур массива. Так для Михайловского месторождения определено, что наиболее характерными является соотношение:

$$\Sigma_z: \sigma_x: \sigma_y = 1 : 1.7 : 2.1,$$

где  $\sigma_z$  — вертикальная (гравитационная) составляющая напряжений.

$\Sigma_z = \gamma H$ , где  $\gamma$  — объёмный вес налегающей толщи пород, т/м<sup>3</sup>; H — глубина от поверхности, м.

$\sigma_x$  — горизонтальная составляющая напряжения в широтном направлении, т/м<sup>2</sup>;

$\sigma_y$  — горизонтальная составляющая напряжения в меридианальном направлении, т/м<sup>2</sup>.

Вместе с тем соотношение составляющих напряжений может в отдельных точках массива значительно отличаться от вышеприведённого. Статические и динамические формы проявления горного давления начинают появляться когда действующие в массиве напряжения приближаются к пределу прочности пород на одноосное сжатие  $\sigma_d \geq 0,7[\sigma_{сж}]$ . Если к  $[\sigma_{сж}]$  ближе вертикальные напряжения, то разрушения будут происходить в боках выработки, если к  $[\sigma_{сж}]$  ближе горизонтальные напряжения, то разрушения будут происходить в почве и кровле выработки. При этом необходимо учитывать направление действия максимальных горизонтальных напряжений.

При ведении горных работ вблизи подготовительной или очистной выработки в массиве горных пород формируется зона влияния выработки, включающая в себя зону разгрузки и зону опорного давления, показана на рисунке 3.12.

Рисунок 3.12 — Зона влияния выработки:  $Z_0$  — значение напряжений в массиве пород вне зоны влияния выработки (естественное);  $Z_{max}$  — максимальное значение напряжений в зоне опорного давления

*Зона опорного давления* — часть массива пород в зоне влияния очистной или подготовительной выработки, в пределах которой напряжения больше, чем в нетронutom массиве.

*Зона разгрузки* — часть массива пород в зоне влияния очистной или подготовительной выработки, в пределах которой напряжения меньше, чем в нетронutom массиве.

Проявление горного давления в динамической форме (горный удар, микроудар, стрельание) возможно, когда величина напряжения в зоне максимума опорного давления приближается к пределу прочности пород на одноосное сжатие:  $\sigma_{max} > [\sigma_{сж}]$ . Причём, чем меньше расстояние от зоны опорного давления до контура выработки, тем больше вероятность динамического проявления горного давления.[7]

В приконтурной зоне активных тектонических нарушений так же имеется зона влияния, состоящая из зоны разгрузки и зоны опорного давления, в которой напряжение может быть в 2-3 раза выше, чем в нетронутом массиве. При приближении горной выработки к активному тектоническому нарушению (рис. 3.13 а) происходит наложение их зон опорного давления (рис. 3.13 б), при этом напряжения суммируются и если общее напряжение приближается к пределу прочности пород на одноосное сжатие, то возможно проявление горного давления в динамической форме.

Перераспределение напряжений, а вместе с ним и вероятность проявления горного давления в динамической форме в массиве пород, может занимать значительное время после производства массового взрыва, пока блочный массив не примет новое устойчивое состояние.

Рисунок 3.13 — Механизм возникновения горного удара при проходке горной выработки в направлении геологического нарушения (зоны)

На рисунке 3.13:  $L_1$  и  $L_2$  — протяжённости зон повышенных напряжений от геологического нарушения и опорного давления от выработки, а  $Z_1$ ,  $Z_2$  — значения максимальных напряжений в массиве горных пород в зонах, соответственно;  $Z_3$  — результирующее значение напряжений после наложения зон;  $Z_4$  — значение напряжений в эпицентре горного удара;  $Z_0$  — значение напряжения в нетронутом массиве.

### **3.3.1 Прогноз удароопасности участков массива горных пород и горных выработок**

Общая оценка состояния массива и выявление его пригуженных участков на удароопасных месторождениях выполняются методами регионального прогноза:

- 1) по дискованию керна на стадии геологоразведочных работ;
- 2) по геодинамическому районированию;
- 3) по геологоразведочным данным опасных зон в районе разрывных нарушений.

Категория удароопасности конкретных участков массива на месторождении определяется методами локального прогноза. По степени опасности участки горного массива вокруг выработок разделяют на две категории: "Опасно" и "Неопасно".

Локальный прогноз удароопасности участков массива горных пород осуществляется следующими методами:

- 1) метод изучения керна;
- 2) метод отношения модуля спада к модулю упругости для типовых пород, представленных на месторождении;
- 3) метод щелевой разгрузки массива;
- 4) метод измерения деформаций на больших базах;
- 5) геофизические методы;
- 6) визуальными наблюдениями за состоянием выработок;
- 7) методом изучения интенсивности трещиноватости.

Локальный прогноз выполняется в выработках участка горного массива, в котором региональными методами выявлен опасный уровень напряжений. При обнаружении категории «Опасно» локальными инструментальными методами горные работы должны осуществляться после проведения профилактических мероприятий по предотвращению горных ударов и оценки эффективности мероприятий теми же методами.

### 3.4 Оценка склонности Михайловского месторождения к горным ударам

Весь комплекс работ по оценке склонности массива Михайловского месторождения к горным ударам выполнялся МГОК в полном соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области промышленной безопасности:

— «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» 2014 г. [1]

— «Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам» (приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 576 от 02.12.2013 г.) [2]

*Оценка удароопасности по дискованию кернов.* Метод дискования керна основан на способности керна хрупких пород разрушаться на диски под действием высоких напряжений. Чем больше величина действующих напряжений в массиве горных пород, тем меньше толщина диска.

При оценке напряженности рудного массива по дискованию керна для бурения скважин необходимо применять буровое оборудование со следующими характеристиками:

- 1) скорость вращения бурового става 350-450 об/мин., усилие подачи 1 МПа;
- 2) скорость бурения 1-2 см/мин.;
- 3) количество воды, подаваемой в скважину, 3-7 л/мин.

Категория удароопасности скважин по дискованию керна устанавливается по номограмме представленной на рисунке 3.14 или расчетным методом.

Рисунок 3.14 — Номограмма для определения категории удароопасности скважин по дискованию керна

(для скважин 59 мм; керна 42 мм):  $X_{\max}$  — расстояние от контура выработки до максимума опорного давления, м;  $X_p$  — мощность

приконтурной зоны разрушенных пород, м;  $D_{\text{выр}}$  — наибольший размер выработки, м

Для анализа напряженности массива горных пород используются диски руд и пород, толщиной не более 1 см.

Установление категории удароопасности по номограмме проводится следующим образом.

По оси ординат номограммы откладывается отношение  $K_1$  длины зоны дискования  $L_d$  (с установленной характеристической толщиной диска) к фактической высоте  $D_{\text{выр}}$  выработки:

$$K_1 = \dots, (7)$$

По оси абсцисс отношение  $K_2$  расстояния от контура выработки до максимума опорного давления  $X_{\text{max}}$  за вычетом приконтурной зоны разрушенных пород  $X_p$  к фактической высоте  $D_{\text{выр}}$  выработки:

$$K_2 = \dots, (8)$$

Максимуму опорного давления соответствует середина полученного интервала с наибольшим выходом дисков. При одинаковых параметрах дискования, но различных прочностных свойствах породы положение максимума опорного давления устанавливается в наиболее прочной разновидности пород и руд.

Определение категории скважины расчетным методом основывается на следующем условии:

категория "Опасно" в случае, если

$$K_1 > 1.06 \times (K_2)^2 + 0.23 \times K_2 + 0.06$$

категория "Неопасно" в случае, если

Выработка относится к категории "Опасно", если в ней не менее чем в двух смежных скважинах, пробуренных по паспорту замерной станции, установлена категория "Опасно".

Оценка удароопасности по хрупкости пород с помощью запредельного *деформирования*. При проведении оценки удароопасности следует отбирать все породы, чье содержание среди объема, подлежащего выемке при отработке месторождения, превосходит 10 %.

При выборе места отбора проб необходимо стремиться к максимальной типичности отбираемых проб, т.е. к их соответствию по структуре и свойствам породам в местах, для которых решается поставленная задача. Состояние породы в обнажении (ее влажность и целостность) должно быть в месте отбора пробы также наиболее представительно. Пробы горных пород, в зависимости от возможности отбора, могут быть представлены кернами буровых скважин или монолитами (при наличии разведочных выработок).

Размеры присылаемых на испытание монолитов (или кернов буровых скважин) и их количество должны обеспечивать изготовление из присылаемых проб необходимого числа образцов для испытаний.

При отборе проб желательно использовать скважины большего диаметра. Проба твердой горной породы должна извлекаться керном длиной не менее 30 — 40 см. Допускается длина целого куска керна не менее 15 см, но в этом случае число таких кусков должно быть не менее трех. При переходе на режим бурения с выдачей керна первые 5-10 см бурения не должны использоваться в качестве пробы.

Размеры проб (диаметр и длина кернов, габариты монолитов) зависят от числа участков породных слоев. Размеры для одной пробы: общая длина керна — не менее 1,5 м при длине каждого куска керна не менее 0,15 м.

Присылаемые на испытание пробы, полученные не при бурении скважин, должны представлять собой целые монолиты — глыбы размером не менее 300 x 300 x 200 мм. В случае невозможности отбора проб таких размеров допускается присылка монолитов размерами не менее 250 x 200 x 200 мм.

Определение естественной влажности породы в массиве должно производиться одновременно с отбором проб. Влажность породы (в %) определяется как отношение веса воды, содержащейся в образце до сушки, к весу сухого образца. Влажность породы устанавливается точным (до 0,01 г) взвешиванием до сушки и после сушки, сушка пробы производится в сушильном шкафу при температуре 105-115 С° до полного прекращения изменения веса пробы.

Документация отбираемых для испытаний проб горных пород проводится одновременно с отбором проб и состоит в маркировке этикетками извлеченных проб и их регистрации в специальном журнале (ведомости).

Консервация и упаковка проб горных пород должны обеспечивать сохранение в пробах естественной влажности пород и предохранить пробы от высыхания, увлажнения и обмерзания, а также от механических повреждений.

Хранение и транспортировка упакованных в ящики проб должны обеспечивать сохранность и целостность последних.

Размеры образцов пород для проведения испытаний должны быть равны: диаметр образца —  $42 \pm 1$  мм; высота образца —  $90 \pm 2$  мм.

Количество образцов для испытаний — не менее 5 шт.

Торцевые поверхности образцов должны быть плоскими, параллельными друг другу и перпендикулярными боковой поверхности.

Боковые поверхности образца должны быть параллельными по всей высоте образца. Допускаемое отклонение от параллельности — не более 0,5 мм.

Для испытаний горных пород с учетом запредельного деформирования используются следующие приборы и прессы:

- 1) жесткая камера запредельного деформирования — стабилметр типа БВ — 21;
- 2) жесткий пресс БР — 5;
- 3) испытательный гидравлический пресс типа ЦД — 100;
- 4) испытательный сервоуправляемый пресс с автоматизированным режимом испытаний и камерой испытаний.



Перечисленное оборудование позволяет проводить испытания образцов в допредельной и запредельной области деформирования.

Основной режим испытаний заключается в том, чтобы получить следующий график деформирования, представленный на рисунке 3.15. Режим испытаний заключается в том, чтобы при нагружении поддерживать постоянной скоростью продольного деформирования образца породы, что достигается в случае применения камеры БВ21 (для слабых и средней прочности пород) усилением ее жесткости, или в случае использования сервоуправляемого прессы (для прочных пород) — автоматизированным режимом контролируемых продольных деформаций, а при использовании прессы БР-5 — его высокой жесткостью.

Рисунок 3.15 — Схематическая диаграмма “напряжение — деформация” при одноосном сжатии

$\sigma_1$  — осевое давление на образец, МПа;  $\epsilon_1$  — продольная деформация образца;  $E$  — модуль упругости образца, МПа;  $M$  — модуль спада образца, МПа;  $\sigma_{ост}$  — предел остаточной прочности, МПа;  $\sigma_{сж}$  — предел прочности при одноосном сжатии, МПа

По графику деформирования образца определяют модуль упругости  $E$  и модуль спада  $M$ . При  $E/M < 1$  порода считается удароопасной; при  $E/M > 1$  — неудароопасной. В случае, когда действующее напряжение в горных породах (в натуральных условиях) превышает предел прочности породы при одноосном сжатии и  $K_y < 1$ , порода считается удароопасной.

Если действующее напряжение в горных породах меньше предела прочности породы при одноосном сжатии и  $K_y < 1$ , порода считается потенциально удароопасной. Если  $K_y > 1$ , порода считается неопасной при любом значении действующего напряжения в массиве. Испытания для каждой разновидности породы проводят на 5 и более образцах. Окончательную обработку результатов испытаний  $n$  образцов производят по формулам математической статистики. [14;15]

### 3.5 Оценка удароопасности основных типов руд

В соответствии с нормативно-методическими указаниями, месторождение считается потенциально удароопасным, если наибольшие горизонтальные напряжения в массиве превышают значения 0,8 от предела прочности на одноосное сжатие.

Для определения удароопасности массива использован метод щелевой разгрузки скального массива, базирующийся на использовании характеристик упругого восстановления деформаций элементов массива при искусственном нарушении его связи с основным массивом.

Данный метод широко применяется при исследовании горного давления на рудниках Урала, Казахстана, Норильского ГМК и других горных предприятиях.[9]

*Метод щелевой разгрузки массива.* Основан на измерении деформаций стенки или забоя выработки, возникающих при создании в ней полости в виде щели продолговатой формы приведенной на рисунках 3.16. При этом зона разгрузки массива пород достигает трех размеров щели, длина которой составляем 0,6 м. В ходе выполнения задания происходит осреднение действующих напряжений на базе одного метра.

Рисунок 3.16 — Схема определения напряжений методом щелевой разгрузки

При проведении натуральных измерений в качестве маркирующих реперов использованы строительные распорные анкеры диаметром 5 мм и длиной 60 мм. Они закреплялись в отверстиях диаметром 6 мм, пробуренных перфоратором в железистых кварцитах. Расстояние между реперами составляло 300 мм. Для определения горизонтальных деформаций разгрузки в массиве создается вертикальная щель, а для вертикальных — горизонтальная щель. Сооружение щелей производились также перфоратором. Деформации разгрузки определялись измерением расстояний между маркирующими реперами до и после сооружения щели, механическим тензометром конструкции ЦНИИС. Точность измерений 0,01 мм.

Этот метод применим в крепких, упругих, слаботрещиноватых породах и рудах, когда вблизи контура выработки не образуется зона неупругих деформаций. С помощью метода щелевой разгрузки определяют напряжения в борту подготовительной выработки —

вертикальные ( $\sigma_0$ ) и горизонтальные — ( $\sigma_y$ ) действующие вдоль оси выработки. Схема распределения напряжений приведена на рисунке 3.17.

Рисунок 3.17 — Схема распределения горизонтальных и вертикальных напряжений наблюдаемых на боковой стенке выработки

Расчет напряжений  $\sigma$  по измеренным на контуре выработки деформациям, выполняются по формуле:

$$\sigma = \dots, (9)$$

где  $\Delta L$  — сближение реперов после образования разгрузочной щели на базе измерения деформаций  $L$  (расстояние между реперами), см;  $E$  — модуль упругости, кг/см<sup>2</sup> (Мпа);  $\nu$  — коэффициент Пуассона горных пород;  $R$  — радиус щели, см;  $k_1, k_2$  — коэффициенты концентрации напряжений в направлении перпендикулярно и параллельно щели соответственно.

Рисунок 3.18 — Общий вид горизонтальной щели для определения вертикальной деформации разгрузки

*Метод измерения деформаций на больших базах.* При невозможности выполнения щелевой разгрузки из-за слоистости и трещиноватости массива возможно применение метода разгрузки массива на больших базах.

Закладка реперов для измерения величины конвергенции (сближения стенок выработки после выемки пород взрывом) осуществляется в период обустройства забоя выработки и при ее дальнейшей проходке. Для этого по линии сопряжения стенки с забоем бурятся 3 шпура диаметром 40 мм, глубиной 1,5 м, под углом 45° к стенке выработки, в них закрепляются круглые металлические штыри (анкера) соответствующей длины и диаметра. Схема приведена на рисунке 3.19.

Рисунок 3.19 — Схема измерения деформаций на больших базах

Выполняется первый цикл измерения расстояний между реперами  $H1=(S_1;S_2;S_3)$ . Второй цикл измерений  $H2=(S_1;S_2;S_3)$  производится после взрыва и уборки скоплений горной породы. По разностям величины  $H1-H2$  определяют величины конвергенции стенок выработки  $(\Delta S_1; \Delta S_2; \Delta S_3)$ . Измерения выполняют несколько раз в процессе отхода забоя на расстояние 2-х диаметров выработки от замерной станции. Схема замера расстояния между реперами представлен на рисунках 3.20, 3.21, 3.22. [16]

Расчет напряжений по измеряемым деформациям на большой базе выполняется по формулам:

Для максимальных напряжений:

$$\sigma_{\max} = \dots, (10)$$

Для минимальных напряжений:

$$\sigma_{\min} = \dots, (11)$$

где  $\varepsilon^{S^1, S^2, S^3}$  относительные деформации разгрузки массива по профилям  $S^1; S^2; S^3$ .

Рисунок 3.20 — Замер по ленточному экстензометру

Рисунок 3.21 — Измерение расстояние между реперами 1—2

Рисунок 3.22 — Общий вид забоя с установленными реперами, до отпала породы

В результате расчета получены следующие значения:

Максимальное напряжение: 54,5 Мпа;

Минимальное напряжение: 24,5 Мпа.

Полученные максимальные напряжение меньше чем предел прочности пород на сжатие (в среднем 103 МПа) для образцов пород на исследуемых участках подземных дренажных горных выработках. [9]

При выполнении щелевой разгрузки соотношение горизонтальных и вертикальных напряжений к пределу прочности на сжатие исследуемой породы, существенно меньше 0,8, что согласно правилам безопасности при ведении горных работ, свидетельствует об отсутствии склонности исследуемого участка к горным ударам.

*Оценка склонности массива пород к проявлению горных ударов по фактору трещиноватости.* На участке исследования горизонта -225 м. наблюдается окварцевание в виде секущих трещин прожилков (продольных трещин) или трещин ориентированных согласно слоистости с восточным и северо-восточным падением 50 — 60°.

Анализ трещиноватости породного массива исследуемых горизонтальных выработок дренажного комплекса свидетельствует об отсутствии трещин поперечного класса с характеристиками, учитываемыми при оценке степени удароопасности массива. Таким образом, на участках исследований признаки удароопасности массива пород по фактору трещиноватости отсутствуют.

*Прогноз удароопасности по визуальным наблюдениям за разрушением приконтурного массива выработок.* Рассматриваемый способ применим, если напряжения в массиве высоки и способны вызвать разрушение руды и горных пород на контуре выработок.

Оценка направления действия напряжений производится на основе анализа пространственной ориентировки трещин и отслоений на контуре выработок и в скважинах. Приближенные величины напряжений оцениваются по известным значениям предела прочности пород на одноосное сжатие.

По визуальным наблюдениям можно сравнивать степень напряженности отдельных конструктивных элементов системы разработки и ориентировочно определять величину и направление действия наибольших напряжений в нетронутом массиве пород. Ориентировка участков разрушения пород в сечении выработки относительно наибольших сжимающих напряжений изображена на рисунке 3.23.

Визуально оценку напряжений выполняют следующим образом.

Обследуют все незакрепленные выработки, различно ориентированные в пространстве. При этом фиксируют места разрушений на контуре выработок. Дополнительно фиксируют участки разрушений контура скважин. Необходимо знать особенности проявления горного давления в момент проходки, так как при недостаточно высоких напряжениях в массиве разрушения выработок происходят лишь в момент проходки.

Следует обращать внимание на характер разрушения пород на контуре, насколько параллельны отслаиваемые плитки контуру выработки и как согласуются поверхности отслоений с естественными поверхностями ослаблений (трещинами, слоистостью). Места разрушений наносят на планы горных работ. Для оценки необходимо иметь рулетку и горный компас.

По разрушению приконтурного массива выработок можно приближенно оценивать величину наибольших нормальных напряжений в массиве горных пород (руд) по соотношению

$$\sigma_{\max} \approx 0,7\sigma_{\text{сж}}, (12)$$

где  $\sigma_{\text{сж}}$  — прочность пород (руд) в массиве.

При таком уровне напряженности массива необходим инструментальный прогноз категории удароопасности.

Рисунок 3.23 — Ориентировка участков разрушения пород в сечении выработки относительно наибольших сжимающих напряжений

Величину максимальных нормальных напряжений на участках выработок, на которых визуальное отмечено появление повышенных напряжений, можно определить по деформированию стенок скважины по формуле

$$, (13)$$

где  $d_{\text{изм}}$  — измеренный диаметр скважины, мм;  $d_{\text{скв}}$  — диаметр скважины, мм;  $\sigma_{\text{сж}}$  — предел прочности горных пород на одноосное сжатие, МПа.

### **3.6 Расчет устойчивых пролетов обнажений горных выработок и их сопряжений в условиях месторождений КМА**

Вопрос крепления и устойчивости пролетов обнажений горных выработок при их проходке является актуальным при освоении подземного пространства в любых горно-геологических условиях. При ведении подземных горных работ на месторождениях КМА необходимо знать устойчивые размеры обнажений горных выработок.

Основной целью научно-исследовательской работы, проведенной в условиях дренажной шахты на горизонте -225 м, является определение допустимых динамически устойчивых размеров обнажений при проходке горных выработок.

Виды сопряжений выработок и геометрические размеры пролетов обнажений при:

Проведении одиночной выработки, где  $A_{г}$  — ширина выработки.

Проведении ответвлений выработки, где  $A_{гг}$  — ширина выработки при ответвлении.

Проведении пересечении выработок, где  $A_{г}$  — ширина выработки при пересечении (рис. 3.23).

Рисунок 3.23 — Виды сопряжений выработок и геометрические размеры пролетов обнажений

Для определения устойчивых пролетов обнажений выработок и на их сопряжениях использовалась теоретическая формула Тюпина В.Н.:

$$, (14)$$

Для получения инженерной формулы расчета на рудниках КМА проводились комплексы производственных, лабораторных и камеральных работ и определены численные значения параметров в формуле (1). Установлено, что в формуле (1): расстояние между контурными шпурами —  $=0,6$  м; допустимый размер обрушения ( $R_{об}=de$ ); показатель трещиноватости —  $\Phi=8$ ; модуль разгрузки  $E_p=4,25 \cdot 10^{10}$  Па; коэффициент трения между отдельностями —  $\mu=0,4$ ; коэффициент Пуассона —  $=0,234$ ; величина смещения отдельностей, достаточная для их обрушения —  $\Delta$ ; раскрытие трещин —  $\delta=0,4 \cdot 10^3$  м, размер отдельностей —  $de=0,45$  м,  $\delta/de=10^{-3}$ ;  $=3,0$ ; величина горного давления в зоне максимума напряжений —  $P$ , (в среднем —  $0,8 \cdot 10^7$  Па); скорость детонации —  $D=4,2 \cdot 10^3$  м/с; плотность заряда взрывчатого вещества —  $=0,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; диаметр заряда взрывчатого вещества —  $d_z=0,04$  м; скорость продольной волны —  $c=5,5 \cdot 10^7$  м/с; показатель



учитывающий взаимодействие зарядов в группе  $K_n^L=1,5$ ; взаимодействие групп зарядов при взрывании проходческих шпуров —  $K^L(N)=2$ ; коэффициент отдачи —  $K_{от}=0,7$ ; коэффициент запаса устойчивости —  $K_з=1,5$ ; показатель учитывающий сейсмическое действие взрыва для проходки одиночной выработки —  $K_c=1,14$ , при ответвлении  $K_c=1,32$ ; при пересечении  $K_c=1,56$ .

Подставив численные значения в формулу, получим инженерную формулу расчета:

, (15)

Подставив в инженерную формулу численные значения параметров рудников КМА на горизонте -225 м, получили что устойчивый пролет обнажений: для одиночной выработки — 3,3 м; на ответвлении выработки — 2,88 м; на пересечении выработок — 2,44 м. В результате проведенных исследований и численных расчетов установлены размеры обнажения при проходки выработок в различных по степени трещиноватости массивах горных пород. Прделанная научно-исследовательская работа позволит решить экономические задачи по снижению себестоимости крепления выработок и их сопряжений, а так же позволит повысить уровень безопасности работ при освоении подземного пространства. [11,8]

#### **4 ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ. РАСЧЕТ ЗАТРАТ, ВРЕМЕНИ, ТРУДА.**

##### **РАСЧЕТ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ РАБОТ**

Экспериментальные работы, для оценки напряженно-деформированного состояния массива дренажной шахты Михайловского месторождения исполняет ОАО «ВИОГЕМ», лаборатория горного давления и сдвижения горных пород.

Организуется мобильный отряд для выполнения работ. Жилье предоставляется заказчиком.

В ходе выполнения работ использовались инструменты: металлические анкеры, цементационный раствор, металлическая лента с точностью показаний до 0.001 мм реперные головки, мешки для отбора образцов, набор ключей, молоток, основные инструменты (для наилучшего закрепления анкера в массиве).

Данные работы проводились в дренажной шахте Михайловского горно-обогатительного комбината, где бригадой выполнялся ряд полевых работ.

Замеры проводились на горизонте -225 м, экипировка предоставлена заказчиком. Хранение оборудования и материалов производилось на предоставленных заказчиком площадях.

Работы для определения напряженно-деформированного состояния массива производятся с частой периодичностью для составления отчета о склонности массива к горным ударам.

Согласно инженерно-геологическим исследованиям необходимо выполнение полевых, лабораторных и камеральных работ.

*Состав отряда, расчет фонда заработной платы для составления проектно-сметной документации.* В составе группы проектирования 4 человека: Ведущий инженер (начальник отряда), инженер-геолог, инженер-маркшейдер, техник.

Расчет затраты времени на составление проектно-сметной документации составляют 0,7 отр/мес и приняты по опыту аналогичных работ в предыдущие годы.

Расчет затрат времени на изучение геологических и гидрогеологических материалов составляют 0,2 отр/мес и приняты по опыту

аналогичных работ в предыдущие годы.

Расчет затрат на бурение шпуров: буровая установка — бурение шпуров при проходке горизонтальных выработок осуществляется переносными перфораторами ПП-54В и ПП-63В; глубина шпуров — 1,5 м; количество шпуров — 18; диаметр бурения — 40 мм; крепость пород по Протодяконову: 19; износ инструмента, коронки, перфоратора.

Таблица 4.1 — Сводная таблица видов и объемов проектируемых работ

№№ п/п	Наименование видов работ	Единица измерения	Объем работ
1	Составление проектно-сметной документации	отр./мес.	0,7
2	Изучение геологических и гидрогеологических материалов	отр./мес.	0,2
<b>А.</b>	<b>Полевые работы</b>		
1.	Бурение шпуров в забое для закладки металлических реперов	станко/см	0,2
2.	Цементация	станко/см	0,4
3.	Определение напряжений в массиве (разгрузка на больших базах)	Замер/год	6
4.	Отбор породы из забоя	шт.	30
<b>Б.</b>	<b>Лабораторные работы</b>		
1.	Распил породы из забоя для проведения испытания	опред.	150
2.	Определение акустических свойств скальных образцов	опред.	150
3.	Полный комплекс определений физико-механических свойств скальной породы методом одноплоскостного сжатия	опред.	150
<b>В.</b>	<b>Камеральные работы</b>		

1.	Обработка материалов замера разгрузки на больших базах	отр./мес.	0,1
2	Обработка данных акустических свойств образцов	отр./мес.	0,2
3	Обработка испытаний методом одноплоскостного сжатия	отр./мес.	0,2
4	Составление отчета	отчет	0,7

Определение физико-механических свойств породы проводилось на лабораторном прессе П-125 методом одноплоскостного сжатия, расчет затрат времени по ССН – 7 составляет 0,2 в бригадо/час, по таблице 6,5.

Таблица 4.2 — Штатное расписание на проектирование

Виды работ	задолженность	Оклад в месяц, руб.	Общая сумма, руб.
Наименование должностей			
Ведущий инженер	0,2	40000	8000
Инженер-геолог	0,7	30000	21000
Инженер-маркшейдер	0,7	30000	21000
Техник	0,7	16000	11200
ИТОГО			61200 руб.

Таблица 4.3 — Штатное расписание на бурение

Виды работ	задолженность	Оклад в месяц, руб.	Оплата в смену, руб
Наименование должностей			
Бурильщик	1,0	40000	1500
Горный мастер	0,5	40000	1500
Пом. Бурильщика	0,5	30000	1000
ИТОГО			4000 руб.

Цементация шпуров глубиной 1,5 м с металлическим репером принята по опыту работ и равна 0,4 станко/смены.

Закладка реперов для измерения величины конвергенции (сближение стенок выработки после выемки пород взрывом) осуществляется в период обуривания забоя выработки и при ее дальнейшей проходке. Для этого по линии сопряжения стенки с забоем бурятся 3 шпура диаметром 40 мм глубиной 1,5 м под углом 45° к стенке выработки, в них закрепляются металлические анкера и накручиваются реперные головки с кольцом для зацепления измерительного прибора. Для закрепления анкеров в массиве используется предоставляемый организацией заказчиком – цементный раствор. Так же организацией предоставляется металлические анкера для закрепления в массиве и измерения деформаций на больших базах.

Расчет затрат времени и фонда заработной платы для определения акустических свойств составляет 0,2 отр/мес и взят по опыту организации.

Расчеты для каждого вида выполняемых работ определялись по нормам ССН или путем прямого расчета по опыту организации.

Таблица 4.4 — Штатное расписание на определение акустических свойств

Виды работ	задолженность	Оклад в	Общая
------------	---------------	---------	-------

Наименование должностей		месяц, руб.	сумма, руб.
Зав. лабораторией	0,05	40000	2000
Лаборант техник	0,2	15000	3000
Лаборант техник	0,2	15000	3000
ИТОГО			8000 руб.

Таблица 4.5 — Штатное расписание на определение физико-механических свойств

Виды работ	задолженность	Оклад в месяц, руб.	Общая сумма, руб.
Наименование должностей			
Зав. лабораторией	0,05	40000	2000
Лаборант техник	0,6	15000	9000
Лаборант техник	0,6	15000	9000
ИТОГО			20000 руб.

Затраты времени на камеральные работы составляют 0,5 отр/мес, исходя из опыта аналогичных работ в 2016-2017 г.

Расчеты производились в лаборатории по ряду формул, руководствуясь правилами ГОСТ при выполнении испытаний образцов

скальной породы: на акустические свойства; метод одноплоскостного сжатия.

Таблица 4.6 — Штатное расписание на выполнение камеральных работ

Виды работ	задолженность	Оклад в месяц, руб.	Общая сумма, руб.
Наименование должностей			
Зав.Лаб.	0,2	40000	8000
Ведущий инженер	0,4	40000	16000
Инженер-геолог	0,5	30000	15000
Инженер-маркшейдер	0,3	30000	9000
Техник	0,3	16000	4800
Лаборант техник	0,2	15000	3000
Лаборант техник	0,2	15000	3000
ИТОГО			58800 руб.

Затраты времени на составление и защиту отчета составит 0,7 отр/мес. по опыту предыдущих работ 2016-2017 г.

Таблица 4.7 — Штатное расписание на составление и защиту отчета

Виды работ	задолженность	Оклад в месяц, руб.	Общая сумма, руб.
Наименование должностей			
Зав.Лаб.	0,5	40000	20000
Ведущий инженер	0,7	40000	28000
Инженер-геолог	0,5	30000	15000
Инженер-маркшейдер	0,5	30000	15000
Техник	0,2	16000	3200
ИТОГО			81200 руб.

Календарный график выполнения работ составляется по всем видам работ, которые предусматривает проект выполненный в указанные сроки. При разработке календарного графика выполнения работ, учитывается установленная очередность и равноценное распределение объемов работ.

Рисунок 4.1 Календарный график выполнения работ

*Расчет сметы на экспериментальные работы.* Смета является документом, определяющим объемы геологоразведочных работ в денежном выражении.

Основным руководством для расчета стоимости геологоразведочных работ (по видам) являются сметные нормативы (СНОР), которые ежегодно корректируются из-за изменения базовых цен на материалы, инструмент, оборудование, ГСМ, а также из-за внедрения передовой



техники и технологии ведения работ и других факторов, влияющих на производительность труда и стоимость работ. Стоимость корректируется путем изменения коэффициентов.

В настоящее время к сметным нормативам применяются поправочные коэффициенты, которые ежегодно утверждаются на уровне Министерства природных ресурсов РФ.

Расчет производится по фактическим и нормативным затратам.

Таблица 4.8 — Расчет сметной стоимости работ по составлению проектно-сметной документации

№ п/п	Наименование статей затрат	Ед. изм.	Сумма в руб.	Примечание
1.	Расчетный фонд заработной платы	руб	61200	
2.	Дополнительная заработная плата	руб	4834	7.9 % от фонда
3.	Отчисления на соц. страхование	руб	18484	30.2 % от общ.
			Итого заработной платы: 84518 руб.	
4.	Материальные затраты	руб	3060	5 % от общ. з.п.
5.	Амортизация	руб	6120	10 % от общ. з.п.
6.	Услуги	руб	2000	По опыту
7.	Транспорт	руб	6000	1 маш./смена легк. ав.
			Итого общая стоимость: 98698 руб.	

Расчет сметной стоимости на проведение лабораторных работ, которые включают в себя проведение работ по определению физико-

механических свойств, определение акустических свойств и распил образцов.

Таблица 4.9 — Расчет сметной стоимости на проведение лабораторных работ

№ п/п	Наименование статей затрат	Ед. изм.	Сумма в руб.	Примечание
1.	Расчетный фонд заработной платы	руб	45000	
2.	Дополнительная заработная плата	руб	3555	7.9 % от фонда
3.	Отчисления на соц. страхование	руб	13590	30.2 % от общ.
Итого заработной платы: 62145 руб.				
4.	Материальные затраты	руб	2250	5 % от общ. з.п.
5.	Амортизация	руб	4500	10 % от общ. з.п.
6.	Услуги	руб	6000	По опыту
Итого общая стоимость: 74895 руб.				

Таблица 4.10 — Расчет сметной стоимости на выполнение камеральных работ

№ п/п	Наименование статей	Ед. изм.	Сумма в руб.	Примечание
-------	---------------------	----------	--------------	------------

	затрат			
1.	Расчетный фонд заработной платы	руб	58800	
2.	Дополнительная заработная плата	руб	4645	7.9 % от фонда
3.	Отчисления на соц. страхование	руб	17757	30.2 % от общ.
Итого заработной платы: 81202 руб.				
4.	Материальные затраты	руб	2940	5 % от общ. з.п.
5.	Амортизация	руб	5880	10 % от общ. з.п.
6.	Услуги	руб	2000	По опыту
Итого общая стоимость: 92022 руб.				

Таблица 4.11 — Расчет сметной стоимости на составление и защиту отчета

№ п/п	Наименование статей затрат	Ед. изм.	Сумма в руб.	Примечание
1.	Расчетный фонд заработной платы	руб	81200	
2.	Дополнительная заработная плата	руб	6414	7.9 % от фонда

3.	Отчисления на соц. страхование	руб	24522	30.2 % от общ.
Итого заработной платы: 112136 руб.				
4.	Материальные затраты	руб	4060	5 % от общ. з.п.
Итого общая стоимость: 116196 руб.				

Таблица 4.12 — Сводная смета на производство запроектированных работ

№ п/п	Наименование видов работ	Ед. изм.	Объем работ	Стоимость ед. работ, руб.	Общая стоимость, руб
1.	Составление проектно-сметной документации	документация	0,7	98698	98698
2.	Изучение геологических и гидрогеологических материалов	отр/мес	0,2	20000	20000
3.	Буровые работы	п.м./шпур	27/18	4000	4000
4.	Лабораторные работы	отр/мес	1,0	74895	74895
5.	Камеральные работы	отр/мес	0,5	92022	92022
6.	Составление и защита отчета	отчет	0,7	116196	116196
				<b>Итого: 405811</b>	
Накладные расходы 25% от основных				101452	101452
<b>Итого с накладными расходами: 507263</b>					
Плановые накопления 10%				40581	40581
Организация и ликвидация работ 2.5%				10145	10145

Резерв 3%	12174	12174
<b>Итого стоимость: 570163</b>		
Мат. Затраты (30%, включенных в стоимость) 171048		
НДС 18% от суммы без мат. затрат 71840		
<b>Общая стоимость с НДС: 813051 руб</b>		

## **5 ОХРАНА ТРУДА. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

### **5.1 Охрана труда**

Рабочие и инженерно-технические работники (ИТР) предприятий должны быть ознакомлены с признаками удароопасности массива горных пород, видами горных ударов, проинструктированы о мерах безопасности, содержащихся в федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности "Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам" (приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 576 от 02.12.2013 г.), настоящими Указаниями, и соблюдать следующие меры безопасности:

1) При обнаружении внешних признаков удароопасности работники шахты должны немедленно сообщить об этом диспетчеру шахты или лицу технического надзора участка. При проявлениях микроударов, горных ударов рабочие должны немедленно прекратить работу, покинуть данную выработку, принять меры для предотвращения доступа людей в выработку до решения руководства шахты и сообщить об этом горному диспетчеру и надзору участка.

2) Горные мастера, начальники и заместители начальников участков, в случае выявления признаков удароопасности, статических форм проявления горного давления или при проявлениях горных ударов, должны немедленно прекратить работы, вывести людей в безопасное место, принять меры для предотвращения доступа людей в выработку, в случае необходимости оказать первую помощь

пострадавшим и срочно сообщить об этом диспетчеру шахты и вышестоящему руководителю с указанием места, формы и последствий проявления, своего местонахождения, численности, состояния и мест нахождения подчинённых работников. После этого необходимо связаться с работниками на других рабочих местах участка, узнать их состояние, состояние рабочих мест. В случае получения от подчинённых работников информации об обнаружении признаков удароопасности или проявлений горных ударов на их рабочих местах, необходимо остановить их работу, организовать вывод в безопасное место и срочно доложить диспетчеру. Возобновление работ возможно по решению главного инженера шахты.

3) Допуск работников шахты в подземные выработки после массового взрыва (кроме района взрыва) может разрешаться только после проверки состояния выработок ОВГСВ и восстановления нормальной рудничной атмосферы. [14;15]

В район взрыва работники шахты допускаются также только после восстановления нормальной рудничной атмосферы, приведения выработок в безопасное состояние и проверки ОВГСВ, но не ранее чем через 8 часов после взрыва.

Безопасность технологических процессов обеспечивается выполнением требований Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (от 21.07.1997 г. №116-ФЗ), технического регламента о требованиях пожарной безопасности (22.06.2008 г. №123-ФЗ) и технического регламента о безопасности машин и оборудования (утв. постановлением Правительства РФ от 15.09.2009 г. №753).

Безопасность машин и оборудования на уровне требований технического регламента обеспечивается наличием разрешения на эксплуатацию утвержденных органами Ростехнадзора.

Обеспечение требуемого уровня безопасности базируется на выполнении всех требований нормативной документации предъявляемых к проектируемым производственным объектам, технологическим процессам и оборудованию. Основные требования к технологической части проектируемых объектов сформулированы в ФНИП «Правилах безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых».

Безопасность при обслуживании, ремонте оборудования и уборке помещений обеспечивается расположением производственного оборудования и систем управления на рабочих местах в соответствии с ГОСТ 12.2.003-91 и соблюдением гигиенических норм и требований к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к составу воздуха производственных и общественных помещений».

Безопасность производства работ обеспечивается соблюдением требований ФНиП «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», ФНиП «Правила безопасности при взрывных работах», СанПиН 2.2.2.540-96, и других нормативных правовых актов в области промышленной безопасности и охраны труда, утвержденных органами государственного надзора.

Проектом предусмотрены следующие решения по созданию безопасных условий труда, санитарно-гигиенических и бытовых условий для трудящихся:

- комплекс организационно-технических мер по снижению запыленности и загазованности рабочих мест;
- снабжение трудящихся индивидуальными средствами защиты;
- бытовое обслуживание трудящихся шахты осуществляется в действующем административно-бытовом комбинате;
- питание трудящимся доставляется в термосах на рабочие места;
- благоприятные климатические условия в шахте обеспечиваются подогревом поступающего воздуха калориферными установками в холодное время года.

К основным организационным мероприятиям относится подготовка и обучение персонала. Предприятие проводит подготовку и обучение всех своих сотрудников в соответствии с правилами и нормами техники безопасности, действующими в РФ.

Обучение работников безопасным методам работы предусматривает:

- все виды инструктажей (вводный, на рабочем месте – первичный, периодические, внеочередные и целевые);
- проверки знаний (первичная, периодические и внеочередные).

Инструктажи по безопасному ведению работ проводятся со всем поступающим на работу персоналом с целью ознакомления с общими правилами и нормами безопасности, основными положениями трудового законодательства, правилами внутреннего трудового распорядка, правилами поведения на территории предприятия и в цехах, характеристиками основных опасных и вредных производственных факторов и другими вопросами. Периодические инструктажи со всеми рабочими проводятся не реже 1 раза в 6 месяцев.

Проведение инструктажей оформляется в специальных журналах регистрации. Программы и инструкции инструктажей разрабатываются специалистами предприятия, согласовываются с инженером по охране труда и технике безопасности, отделом охраны окружающей среды и утверждаются руководителем предприятия.

Все руководители служб перед допуском к работе или в другое установленное распоряжением руководства предприятия время должны пройти соответствующее обучение вопросам охраны труда и проверку знаний требований безопасности.

Персонал принимается на работы с опасными и вредными условиями труда, а также на работы, связанные с обслуживанием сложного оборудования и механизмов только после предварительного медицинского осмотра (в предусмотренных случаях) и при наличии заключения о пригодности по состоянию здоровья к выполняемой работе. Предварительный и периодический медицинский осмотр проводится в медицинских учреждениях, в случаях и в сроки установленные приказом по предприятию по согласованию с органами Санэпидемнадзора.

Мероприятия по охране труда на каждом рабочем месте предприятия являются приоритетными. При условии выполнения обслуживающим персоналом технологических инструкций по осуществлению производственных процессов и операций, соблюдения правил техники безопасности при эксплуатации оборудования, машин и механизмов, технические решения проектной документации обеспечивают безопасную работу трудящихся.



Работа по организации производства, а также по организации труда, является составной частью организации производства, законодательно отнесена к компетенции предприятий.

## **5.2 Промышленная безопасность**

Улучшение условий труда в дренажной шахте достигается внедрением системы санитарно-технических средств и гигиенических мероприятий, включающих средства и меры по борьбе с вредными газами, пылью, шумом, вибрацией, обеспечением достаточной освещенности горных выработок и помещений, применением средств индивидуальной защиты от пыли, шума, вибрации, наличием санитарно-бытовых помещений (устройство душевых, прачечных и др.), обеспечение рабочих требуемой спецодеждой, обеспечение правильным режимом работы и отдыха, медицинским обслуживанием и т.д. Большое значение для сохранения здоровья и повышения производительности труда трудящихся имеет также личная гигиена. При проектировании производства, на каждом рабочем месте, обеспечиваются благоприятные и безопасные условия труда. Это достигается за счет решений, разрабатываемых с соблюдением положений и требований действующего законодательства Российской Федерации, нормативных и правовых актов по охране труда на производстве, с учетом гигиенических критериев оценки условий труда («Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту» СП 2.2.2.13276-03).

Все трудящиеся, спускающиеся под землю должны быть обучены пользованию самоспасателями и первичными средствами пожаротушения, знать сигналы аварийного оповещения, правила поведения при авариях, места расположения средств спасения и уметь пользоваться ими, ознакомлены с запасными выходами и путями следования на поверхность в аварийных случаях и уметь ими пользоваться.

В выработках и в местах их пересечения вывешены указатели направления к выходам на поверхность и расстояния до них. Указатели покрыты светоотражающими материалами или освещены.

Содержание пыли, ядовитых газов (паров) в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно-допустимые концентрации (ПДК) согласно «Гигиенических нормативов «Предельно-допустимые концентрации вредных веществ (ПДК) в воздухе рабочей зоны» ГН 2.2.5.1313-03.

Уровень содержания ядовитых и горючих газов, запыленности воздуха, подаваемого по воздухоподающему стволу, главным и участковым транспортным выработкам по всем рабочим зонам и рабочим местам, не должен превышать 30% от установленных ПДК.

Санитарно-гигиенические условия (температура и влажность воздуха, скорость струи) в подземных выработках должны отвечать требованиям «Правил безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Все сооружения и горные выработки подземного дренажного комплекса оснащаются проектным оборудованием по оповещению об аварии: телефонной связью и аварийной беспроводной сигнализацией аварийного оповещения (СУБР-1СВМ), улучшающими оперативность оповещения и вывода людей из опасных зон.

На расстоянии не более 100 м от забоя устанавливается шахтный телефон, имеющий прямой выход в диспетчерскую шахты (КП ответственного руководителя работ по ликвидации аварии).

Непосредственно контроль за безопасным производством работ возлагается на сменный горный надзор. Общее руководство возлагается на руководящий состав ИТР шахты.

На каждое полугодие на руднике разрабатывается План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий (ПМЛЛПА), определяющий меры и действия, необходимые для спасения людей и ликвидации аварий. Оповещение трудящихся об аварии осуществляется средствами оповещения, предусмотренными планом ликвидации аварий. С ПМЛЛПА все трудящиеся занятые на руднике ознакамливаются под роспись.

Необходимо вести точный учет всех трудящихся, спустившихся в шахту и выехавших из нее.

Расчётное время выхода людей на свежую струю в изолирующих самоспасателях ШСС-1УП из наиболее удаленных горных выработок шахты составляет:

- вариант 1 – 23,3 минуты;
- вариант 2 – 10,3 минуты.

Люди должны осуществлять движение на свежую струю минуя очаг пожара.

Спуск в шахту представителей ВГСЧ для ведения горноспасательных работ, их продвижение под землей в направлении очага пожара для его локализации, тушения и эвакуации пострадавших людей, позволяет в полном снаряжении достигать аварийных участков, расположенных в наиболее удаленных частях рассматриваемого участка, и возвращаться, эвакуируя раненных и пострадавших, для варианта 1 – 3,3 часа, варианта 2 – 1,9 часа, т.е. время не превышающее нормативное (4,0 часа).

В соответствии с пунктом 74 «Боевого Устава ВГСЧ» отделения, направляющиеся в загазированные выработки, резервируют на непредвиденные случайности, остаточное давление в баллоне респиратора 5 МПа (100 литров) кислорода. В связи с этим рабочий запас кислорода в баллоне 15МПа (300 литров) кислорода.

В соответствии с главой VII Боевого устава п. 122 пострадавшие должны быть немедленно включены в самоспасатели, респираторы или в аппараты искусственной вентиляции лёгких. После этого отделение эвакуирует их в выработки со свежим воздухом. Для выполнения процесса включения потребуется не более 5 минут.

Исходя из вышеприведённых расчётов, как времени действия респираторов, так и запаса кислорода вполне хватает для выполнения этих действий.

Забои подземных выработок перед началом работ должны быть приведены в безопасное состояние путем осмотра и обorkи заколов, орошения водой и смывом пыли.

Обеспыливание шахтной атмосферы при производстве работ осуществляется в последовательности, обеспечивающей эффективное и надежное достижение предельно допустимых концентраций пыли на рабочих местах и в основных воздухоподающих выработках:

- подача чистого воздуха;
- предупреждение образования взвешенной в воздухе пыли;
- подавление пыли у источника ее образования;
- устранение распространившейся в атмосфере пыли;
- применение средств индивидуальной защиты.

Для обеспечения эффективного пылеподавления буровые работы предусматривается вести с промывкой водой, с расходом воды при применении:

- станков для бурения скважин – не менее 15 л/мин;
- ручных перфораторов – не менее 4 л/мин;
- телескопных перфораторов – не менее 6,0 л/мин.

Перед проведением взрывных работ для снижения пылевыделения предусматривается:

- увлажнение выработки на протяжении 10-15 м от забоя;
- внутренняя гидрозабойка шпуров;

- включение туманообразователей, устанавливаемых за 10-15 м от груди забоя за 1-2 минуты до взрыва. Факел тумана должен полностью перекрывать сечение выработки и направлен навстречу взрывной волне;

- внешняя гидрозабойка при дроблении негабарита.

Подробно перечень защитно-профилактических мероприятий по охране труда и нормативных материалов по промышленной безопасности, охране труда и промсанитарии приведен в табл. 5.1.

Мероприятия по промышленной безопасности и охране труда должны разрабатываться и пополняться службами ПБ и ПК ПАО «Михайловский ГОК» по мере развития горных работ, накопления производственного опыта и совершенствования средств безопасного ведения работ и контроля.

Таблица 5.1 Перечень нормативных материалов по технике безопасности, охране труда и промсанитарии, используемых при проектировании

№ п/п	Наименование правил, норм, стандартов	Введены в действие, год	Примечание
1.	Закон РФ №116-ФЗ. О промышленной безопасности опасных производственных объектов	1997	
2.	ФНиП «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», утвержденных Приказом №599	2014	
3	ФНиП «Правила безопасности при взрывных работах» утвержденных Приказом №605	2015	
4	Инструкция по безопасному ведению горных работ при комбинированной (совмещенной) разработке рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых ( <a href="#">РД 06-174-97</a> )	1998	

№ п/п	Наименование правил, норм, стандартов	Введены в действие, год	Примечание
5	ФНиП «Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам»	2014	
6	<a href="#">ВНТП 13-2-93</a> / Комитет РФ по металлургии. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий металлургии с подземным способом разработки	1993	
7.	<a href="#">СНиП 12-03-2001</a> Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования	2001	
8.	<a href="#">СниП 12-04-2002</a> Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство	2003	
9.	<a href="#">СП 91.13330.2012</a> . Подземные горные выработки	2013	
10	<a href="#">СниП 3.02.03-84</a> . Подземные горные выработки	1985	
11	<a href="#">СП 103.13330.2012</a> . Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод	2013	
12	<a href="#">СП 63.13330.2012</a> . Бетонные и железобетонные конструкции	2013	
13	<a href="#">СанПиН 2.2.2.540-96</a> . Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ	1996	
14	<a href="#">СП 48.13330.2011</a> . Организация строительства	2011	
15	<a href="#">СниП 3.05.05-84</a> . Технологическое оборудование и технологические трубопроводы	1985	
16	<a href="#">СП 51.13330.2011</a> . Защита от шума	2011	
17	<a href="#">СП 52.13330.2011</a> . Естественное и искусственное освещение	2011	
18	<a href="#">СниП 3.05.06-85</a> Электротехнические устройства	1986	
19	<a href="#">СниП 3.05.07-85*</a> Системы автоматизации	1986	
20	<a href="#">ВСН 205-84</a> . Инструкция по проектированию	1984	

№ п/п	Наименование правил, норм, стандартов	Введены в действие, год	Приме чание
	электроустановок систем автоматизации технологических процессов (справочно)		
21	СанПиН 1964-79 Гигиенические требования к машинам и механизмам, применяемым при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых	1979	
22	<a href="#">СанПиН 2.2.4.548-96</a> . Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.	1996	
23	СП 2.2.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий	2003	

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы были изучены географо-экономические, инженерно-геологические и гидрогеологические условия Михайловского месторождения. Проведен анализ инженерно-геологических условий сооружения выработок дренажной шахты, а так же проанализированы результаты геодинамического районирования Михайловского месторождения. Изучено тектоническое строение месторождения, проведен ряд экспериментальных работ для оценки удароопасности Михайловского месторождения на участках выработки дренажной шахты.

Выполнена научно-исследовательская работа по расчету устойчивых пролетов обнажений горных выработок и их сопряжений в условиях месторождений КМА.

Выполнены экономические расчеты затрат времени, труда и сметной стоимости для запроектированных работ. Проведен ряд полевых, лабораторных и камеральных работ для формирования выводов о напряженном состоянии массива пород.

По результатам натурных наблюдений в выработках дренажной шахты установлено, что массив горных пород Михайловского месторождения на данном этапе разработки не является опасным по горным ударам. С учетом разработки месторождения на более глубоких горизонтах, необходимо продолжить исследования по оценке склонности горных пород к проявлению горных ударов.

Выполненные комплексные геомеханические исследования способствовали формированию выводов о напряженно-деформированном состоянии массива пород Михайловского месторождения в выработках подземного дренажного комплекса, которые позволяют решить экономические задачи по снижению себестоимости крепления выработок и их сопряжений, а так же позволит повысить уровень безопасности работ при освоении подземного пространства.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### **I. Официальные документы:**

1. Федеральный закон «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» 2014 г.
2. Федеральный закон «Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам» (приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 576 от 02.12.2013 г.)

### **II. Монографии, коллективные работы, сборники научных трудов:**

3. *Петров Б.М., Чернышов Н.М.* Корреляционная схема стратиграфии осадочного чехла Воронежского кристаллического массива. Материалы заседания бюро РМСК.
4. *Леоненко И.Н.* Геология, гидрогеология и железные руды бассейна КМА. Том 2. Гидрогеология и инженерная геология. — М.: Недра, (ГУЦР) 1972 г., 480с.
5. *Петухов И.М., Егоров П.В., Винокур Б.Ш.* Предотвращение горных ударов на рудниках. — М.: Недра, 1984 г., 231с.
6. *Петухов И.М., Линьков А.М.* Механика горных ударов и выбросов. — М.: Недра, 1983 г., 280с.
7. *Влох Н.П., Сашурин А.Д.* Управление горным давлением на железорудных рудниках. — М.: Недра, 1974 г., 184с.
8. *Тюпин В.Н.* Взрывные и геомеханические процессы в трещиноватых напряженных горных массивах. — Белгород: Изд-во БелГУ 2017 г.

### **III. Статьи из периодических изданий**

9. *Сергеев С.В., Сеница И.В., Золотухин С.Р.* Статья Горный журнал: Геомеханическое сопровождение подземной разработки железных руд на комбинате КМА руда.
10. *Дроздова Е.А., Корнилов А.Г., Добровольская О.А.* Техногенная трансформация ландшафтов в регионе КМА в результате горнопромышленной деятельности. Проблемы природопользования и экологическая ситуация в европейской России и на сопредельных территориях. Материалы VII Международной научной конференции (памяти Петина А.Н.). 129 с.
11. *Пономаренко К.Б.* Расчет устойчивых пролетов горных выработок и их сопряжений в условиях месторождений КМА. Материалы всероссийской научной конференции студентов выпускного курса.

### **IV. Фондовые материалы**

12. Научно-методическое сопровождение работ по прогнозу и предотвращению горных ударов при ведении горных работ на дренажной шахте ПАО «Михайловский ГОК». Отчет о НИР/ Список исполнителей: *Сеница И.В., Сергеев С.В., Погорелов Ю.С., Яцыняк С.Д.*
13. Обоснование параметров охранных целиков новых клетьевого и скипового стволов шахты им. Губкина. Отчет ВИОГЕМ. Шифр 318-10/778/2010
14. Указания по безопасному ведению горных работ в условиях дренажной шахты Михайловского ГОКа на участках склонных по горным ударам. Список исполнителей: *Сергеев С.В., Сеница И.В., Яцыняк С.Д.*
15. *Сергеев С.В., Сеница И.В.* Инструкция по безопасному ведению горных работ на Коробковском месторождении КМА, склонном по горным ударам.
16. Исследования к склонности горных пород в выработках ПДК ПАО «Михайловский ГОК» к горным ударам, газовой выделением и геодинамическим явлениям.

### **V. Интернет-ресурсы:**

17. Официальный сайт — <http://ecology-of.ru/> Экологический портал приемных пунктов России.

1. *Казикаев Д.М.* Геомеханические процессы при совместной и повторной разработке руд. — М.: Недра, 1981.
2. Методические рекомендации по изучению трещиноватости массива скальных пород для решения задач механики горных пород. — Белгород: ВИОГЕМ, 1976 г.
3. Инструкция по определению геометрических параметров этажно-камерных систем разработки в Криворожском железорудном бассейне. — Кривой Рог: изд. НИГРИ, 1973 г.
4. Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных выработок месторождений руд цветных металлов с неизученным процессом сдвижения горных пород. — Л.: изд. ВНИМИ, 1986 г.
5. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. — М.: Недра, 1988 г.
6. Справочник - СНОР на геологические работы (сборник норм основных расходов)