

# **Глава 1. ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ РУД ПОД ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ ПОТОЛОЧИНОЙ НА КОРОБКОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

## **1.1. Горногеологическая характеристика Коробковского месторождения**

### **1.1.1. Геология**

Коробковское месторождение входит в состав Старо-Оскольского рудного узла и является типичным представителем железорудных месторождений Курской Магнитной Аномалии. Месторождение представлено мощными залежами железистых кварцитов, имеющих юго-восточное простирание, падение залежей крутое ( $80-90^{\circ}$ ). Горизонтальная мощность центральной (Главной) залежи колеблется в пределах от 500 до 1000 м, мощность Восточной — от 100 до 200 м, Юго-Восточной — от 150 до 200 м, Стретенской — от 120 до 400 м.

По своему генезису Коробковское месторождение относится к осадочно-метаморфическому происхождению. На месторождении выделяются два комплекса горных пород. Первый, осадочный представлен: мезокайнозойскими породами суглинками, обводненными мелями, мергелем, песками, юрскими глинами и девонскими переотложенными рудами общей мощностью 65–178 м (в среднем — 116 м). Под осадочной толщей имеется зона окисления железистых кварцитов, к которой приурочены богатые железные руды в количестве 15 млн.т. Мощность залежей богатых руд в виде линзообразных тел — 20–30 м.

Второй, рудно-кристаллический комплекс, представлен амфиболитами, кварцевыми порфирами архейского возраста, а также образованиями протерозоя, к которым относятся и железистые кварциты. Весь комплекс пород имеет сложное строение, смят в складки различных порядков и имеет близкое к вертикальному падению. Железистые кварциты интенсивно мета-

морфизованы, в них отмечаются прослои сланцев различного состава и многочисленные дайки. Последние составляют до 8% (на Стретенской залежи до 10%) от запасов железистых кварцитов: практически нет добычных камер, в которых не имелись бы дайки. Морфология неустойчивых даек сложная, имеются пережимы и раздувы; мощность изменяется от сантиметров до десятка метров. При вскрытии горными выработками Стретенской залежи подсечены мощные (до 10 м) дайки диорит-порфирита, не выявленные детальной разведкой.

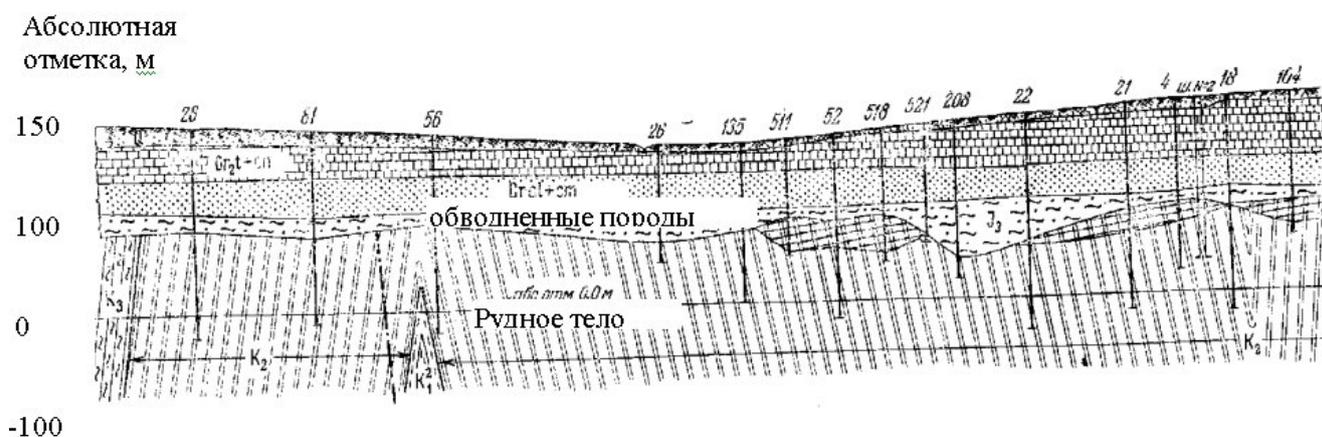


Рис. 1.1. Схематический геологический разрез Коробковского месторождения

### 1.1.2. Тектоника

Залежи приурочены к району замыкания Коробковского антиклинала. В целом, толща железистых кварцитов характеризуется сложным складчатым строением: на месторождении установлено три складки 4-го порядка, одна из них синклиральная, две — антиклинальные. Эти складки дополнительно смяты в складки 5-го, 6-го и 7-го порядков, осложненные, в свою очередь, более мелкой складчатостью. Массив расчленен дизъюнктивными нарушениями сколового и разрывного характера, заполненными диорит-порфиритами и гнейсами, мощностью от нескольких сантиметров до нескольких метров. Отмечается также трещиноватость более низкого уровня имеющая системный характер [17, 18, 73, 115].

Трещины массива горных пород в зависимости от их протяженности для условий Коробковского месторождения разделены на три уровня [66]:

- трещины 1-го уровня — тектонические разрывы, заполненные дайковыми породами, мощностью от 0,6 м до 10 м, протяженностью свыше 500 м;
- трещины 2-го уровня — трещины тектонические, литогенетические, экзогенные, протяженностью от 0,5 м до 500 м, мощностью от 0,2 см до 60 см, заполненные кварцем, кальцитом, халькопиритом или без заполнителя;
- трещины 3-го уровня — трещины тектонические или литологические протяженностью до 0,5 м и мощностью до 0,2 мм, различимые в шлифах под микроскопом.

Среди железистых кварцитов весьма развита мелкая складчатость от нескольких сантиметров до десятков метров, а также микроскладчатость и микропластинчатость. Прослои сланцев среди железистых руд обладают такой же складчатостью, как и железистые кварциты. Все породы имеют близкое к вертикальному падение  $87-90^\circ$ . Дайки имеют субширотное простирание и крутое падение ( $76-86^\circ$ ).

### 1.1.3. Гидрогеологические условия

Коробковское месторождение по «Гидрогеологической классификации Минчермета СССР» относится к месторождениям со сложными инженерно-геологическими условиями.

Комплекс осадочных пород интенсивно обводнён, содержит четыре водоносных горизонта: четвертичный (аллювиальный), турон-коньякский, альб-сеноманский и юрский.

Аллювиальный горизонт приурочен к пойменным отложениям реки Осколец и ручья Тёплый Колодезь и распространён ограниченно. Мощность обводнённой части аллювиальных отложений (пески, супеси) 8–12 м. Горизонт имеет гидравлическую связь с нижележащими водоносными горизонтами. Питание горизонта идёт за счёт атмосферных осадков, паводковых вод и, в меньшей степени, за счёт перетоков из нижележащих водоносных горизонтов. Водопроницаемость горизонта слабая, коэффициент фильтрации — 1,0 м/сутки.

Турон-коньякский горизонт приурочен к трещиноватым мелам, залегает на песках альб-сеномана и перекрыт четвертичными отложениями. Горизонт распространён повсеместно, безнапорный. Мощность обводнённой части мелов от 2 до 20 м. Водопроницаемость: на водоразделах — от 20 до 50 м<sup>2</sup>/сутки, в русловых участках — 500–1000 м<sup>2</sup>/сутки. Питание горизонта идет за счёт атмосферных осадков, талых вод и перетоков из нижележащих напорных водоносных горизонтов.

Альб-сеноманский горизонт распространён повсеместно. Водовмещающие породы — пески аль-сеномана, общей мощностью около 30 м — залегают на песчано-глинистых отложениях юры и перекрываются мелями турон-коньяка. Горизонт напорный, величина напора до 20 м. Коэффициент фильтрации песков — 4,3–14,4 м/сутки. Питание горизонта идет за счёт инфильтрации атмосферных осадков и перетоков из выше- и нижележащих водоносных горизонтов.

Юрский горизонт распространён ограниченно, так как водовмещающие пески приурочены к участкам понижения поверхности докембрия. Пески переслаиваются с глинами и алевролитами, образующими верхний и нижний водоупор. Горизонт напорный, напор до 80 м. Водопроницаемость песков слабая, коэффициент фильтрации от 0,004 до 0,05 м/сутки.

По химическому составу воды вышеуказанных водоносных горизонтов гидрокарбонатно-кальциевые, с минерализацией от 0,3 до 0,7 г/л.

К верхней части докембрийского комплекса приурочен архей-протерозойский водоносный горизонт, ограниченный снизу водоупором из плотных пород докембрия и сверху — юрскими глинистыми отложениями. Наиболее водообильными здесь являются зоны богатых железных руд, представляющих древнюю кору выветривания кварцитов, и зоны трещиноватых окисленных кварцитов. Вода горизонта напорная, напор достигает 50–60 м. Коэффициент фильтрации водосодержащих пород составляет 0,042–0,230 м/сутки. Отметим, что под влиянием дренажных работ горнодобывающих предприятий района уровень воды архей-протерозойского горизонта снижается. Питание горизонта

идет за счёт перетока воды из вышележащих водоносных горизонтов. Воды архей-протерозоя имеют гидрокарбонатно-сульфатную и кальциево-натриевую минерализацию.

В связи с водообильностью богатые железные и осадочные породы склонны к пльвунности.

Общие статические запасы вод осадочных отложений превышают миллион кубических метров.

#### **1.1.4. Горнотехническая характеристика**

Месторождение отрабатывается рудником им. Губкина комбината "КМАруда". Строительство рудника планировалось первоначально для отработки богатых железистых руд, но в связи с неоднократными прорывами воды и пльвунов в горные выработки, отработку богатых руд осуществить не удалось, и было принято решение использовать пройденные стволы для добычи железистых кварцитов [98].

Поле рудника вскрыто шестью стволами (рис. 1.2). Горные работы ведутся в пределах одного этажа высотой 60 м. На руднике применяется этажно-камерная система разработки с оставлением постоянных междукамерных целиков при обязательном сохранении предохранительного потолочного целика из неокисленных кварцитов мощностью 70 – 100 м. Горные работы ведутся в этаже с абсолютными отметками: –65 м (–71 м) и –125 м. В пределах этого этажа зон высокой водообильности не установлено, незначительная обводнённость здесь приурочена к контактам кварцитов с нерудными массивами и к тектоническим зонам. Водоприток в шахту не превышает 300 м<sup>3</sup>/час.

На руднике применяется несколько вариантов этажно-камерной системы отработки, отличающихся формой и размерами камер (цилиндрические диаметром 50 метров и прямоугольные длиной до 75 метров). Очистные камеры базового варианта системы с размерами в плане 55×30 метров длинной стороной, в основном, ориентированы вкрест простирания залежей и разделены



Рис. 1.2. Современное состояние горных работ на шахте им. Губкина

между собой, в подавляющем большинстве случаев, целиками шириной 20 метров (междукамерные) и 25 метров (междупанельные).

Каких-либо серьезных осложнений при проходке выработок и ведении очистных работ не возникает.

В целом, система разработки, применяемая на месторождении, характеризуется высокой эффективностью и обеспечивает высокую безопасность работ и низкую себестоимость добываемой руды. Наиболее серьезным недостатком применяемых вариантов системы разработки является высокий уровень оставшегося в целиках полезного ископаемого (до 70% общих запасов этажа).

## 1.2. АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ НА ШАХТЕ ИМ. ГУБКИНА

### 1.2.1. Исследования трещиноватости рудно-кристаллической толщи

Выполненные ВИОГЕМ в горных выработках шахты им. Губкина замеры трещин, их статистическая обработка позволили выявить закономерности распространения плоскостей ослабления, достаточно четко установить, что все трещины, пересекающие толщу железистых кварцитов, группируются в системы, каждая из которых характеризуется геометрическими параметрами и генетическими признаками [47, 50, 51, 52, 87]. Результаты статистической обработки замеров приведены на круговой диаграмме (рис. 1.3), из которой видно, что на шахтном поле получили распространения 4 системы трещин, основными из которых являются I и II.

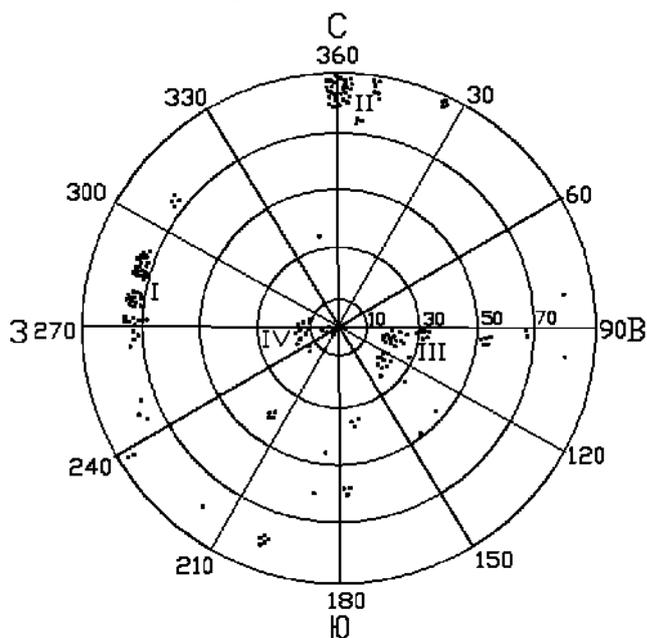


Рис. 1.3. Круговая диаграмма трещиноватости рудно-кристаллического массива по горным выработкам шахты им. Губкина

Система трещин I проходит по напластованию пород. В этой связи трещины I системы можно считать самыми распространенными на всем шахтном поле. Расстояние между трещинами колеблется от 5–10 мм до 40–50 см, при среднем расстоянии между трещинами 10–15 см. Трещины чаще всего закрытые или открытые на незначительную ширину (до 0,5 мм) и расчленяют массив многочисленными вертикальными (угол падения около  $80^\circ$ ) плоскостями. Особенно отчетливо эти трещины (рис. 1.4) проявляются при испытании образцов на прочность.

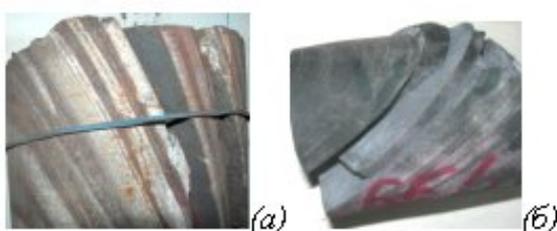


Рис. 1.4. Трещины I системы в окисленных (а) и магнетитовых (б) кварцитах

Трещины II системы также близки к вертикальным (угол падения  $75-88^\circ$ ) и располагаются поперек напластования, трещины чаще всего закрытые, без заполнителя, однако встречаются и заполненные карбонатом (рис.1.5–1.6).

Поверхность трещин ровная, бывает гладкой или шероховатой. Расстояние между трещинами 50–60 см. Плоскость трещин строго выдержаны на больших площадях (до  $60 \text{ м}^2$ ). Это позволяет предположить, что при горных работах скол породы чаще всего происходит именно по этим плоскостям ослабления.

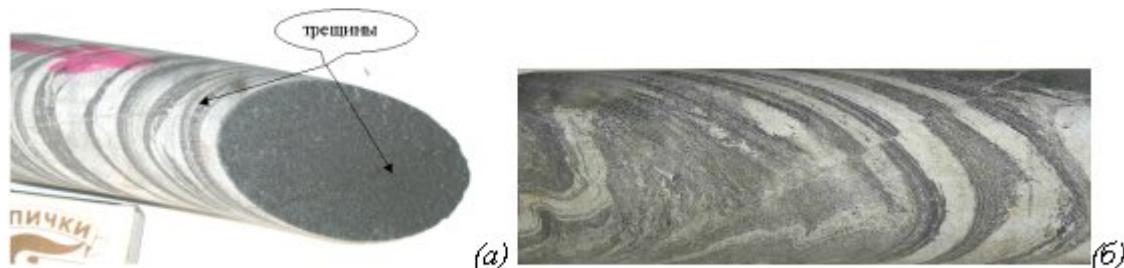
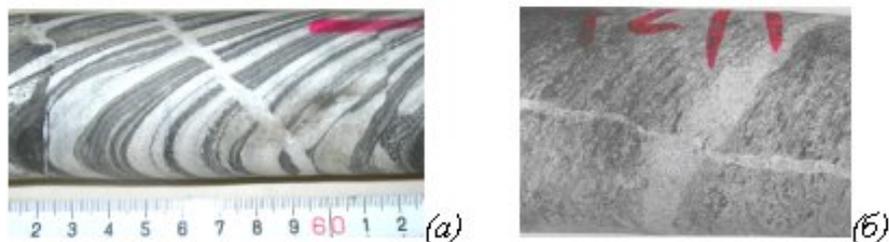


Рис. 1.5. Трещины II системы в магнетитовых кварцитах (а) и силикатно-магнетитовых кварцитах с прослоями слаборудного (б)

Трещины III и IV системы представлены относительно равномерно в массиве кварцитов и имеют небольшие углы падения плоскостей (III система —  $20-35^\circ$ , IV —  $0-15^\circ$ ), что обусловило отнесение их соответственно к пологой и горизонтальной системам. Ориентировка и углы наклона этих трещин менее выдержаны и варьируют в широких пределах. Среднее расстояние между

трещинами этих систем составляет 25 см. Трещины имеют преимущественно ровные стенки, часто раскрытые и заполненные кварцем (рис.1.6–1.7).



*Рис. 1.6. Трещины II и III–IV систем в магнетитовых кварцитах с прослоями силикат магнетита (а) и гранито-гнейсах (б)*



*Рис. 1.7. Трещины III–IV систем в магнетитовых кварцитах с прослоями силикат магнетита*

Кроме того, на участке зафиксировано незначительное количество трещин, не укладывающихся в вышеперечисленные системы

Каждая из указанных систем трещин создает предпосылки к обрушению горных пород при разработке залежи. Системы трещин образуют в толще кварцитов структурные блоки, которые характеризуют раздробленность массива. Средний объем структурного блока на гор. –71 м —  $0,043 \text{ м}^3$ . Также установлено, что интенсивность трещиноватости с глубиной уменьшается, а размер структурного блока увеличивается.

Таким образом, анализ результатов изучения трещиноватости позволяет сделать вывод, что залежь имеет четыре основные системы трещин, из которых I и II системы рассекают массив плоскостями, близкими к вертикальным и между собою перпендикулярны, из которых I простирается широтно, а II – меридионально. Системы I и II доминируют; системы III и IV встречаются значительно реже и рассекают массив менее густой сеткой плоскостей ослабления, однако, в сочетании с остальными системами трещин могут

оказать большое влияние на устойчивость горных пород при подземной разработке. Наличие в массиве бессистемных трещин дополнительно ослабляет массив.

Для выделенных систем трещин средний объем структурного блока составил  $0,010-0,023 \text{ м}^3$ , коэффициент интенсивности трещиноватости 72–102. Данные показатели дают представление об общей структурной ситуации в пределах исследуемого участка. Следует отметить, что наличие четырех систем трещин создает условия для формирования зон ослабления в кровле выработок и формирования вывалов. Наблюдаются вывалы и обрушения отдельных частей уступов очистных камер.

### 1.2.2. Деформационно-прочностные свойства пород и массива

Результаты проведенных [50, 51] в соответствии с существующими современными рекомендациями [22, 23, 117, 132, 133] испытаний механических свойств слабящих пород подтвердили, что деформационное поведение пород с достаточной для практики степенью точности является упругим [39, 87, 101, 111]. Разрушение является не мгновенным явлением, а более или менее продолжительным процессом трещинообразования, который можно разделить на несколько стадий [12, 32, 33, 80], как показано на рис. 1.8.

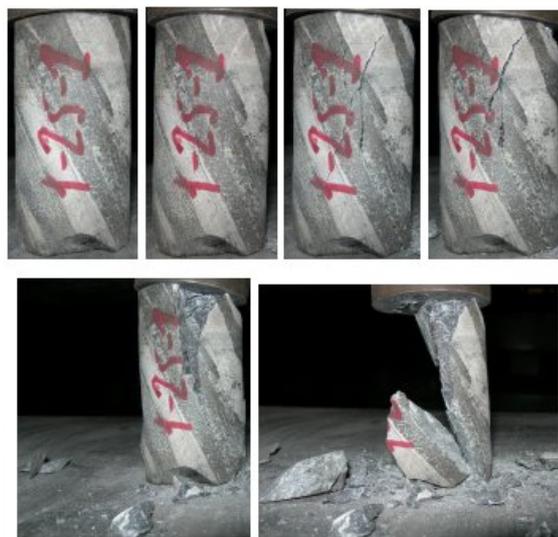


Рис. 1.8. Развитие разрушения полосчатого куммингтонит-магнетитового кварцита

Для инженерной практики важны максимальные значения напряжений, достигнутые при испытаниях, с которыми связаны критерии разрушения. Следует также отметить, что разрушение образца в определенной степени зависит от характеристик технической системы нагружения (пресса), а не

является исключительно свойством породы. Имевшие место случаи разрушения «взрывного» типа (рис. 1.9), поэтому могут и не характеризовать присущие породе свойства, а являться результатом конструктивных особенностей нагрузочного устройства.



*Рис. 1.9. Разрушение «взрывного» типа окисленного кварцита*

В зависимости от структуры образца некоторые этапы описанного процесса разрушения могут проявляться более рельефно, некоторые, наоборот, отсутствовать. Наличие поверхностей ослабления вносит свои коррективы. Происходит сдвиг по соответствующим плоскостям ослабления, когда прочность по ним ниже прочности породы. Так, как правило, разрушаются сланцы; в кварцитах поверхности разрушения могут, как совпадать с полосчатостью, так и, чаще всего, пересекать ее под различными углами (рис. 1.10 – 1.12), т.е. в значительной степени их поведение подобно монолитным породам.



*Рис. 1.10. Разрушение полосчатого кварцита*



*Рис. 1.11. Разрушение магнетитовых кварцитов*



*Рис. 1.12. Разрушение магнетитового кварцита с куммингтонитом, с железной слюдкой*

Таким образом, неокисленные железистые кварциты Коробковского месторождения являются упругими с хрупким разрушением породами, хотя, например, богатые руды и некоторые из окисленных кварцитов имеют тенденцию к пластичному поведению.

Породы обладают анизотропией свойств, в количественном выражении данные, полученные ВИОГЕМ [39, 41, 54], представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

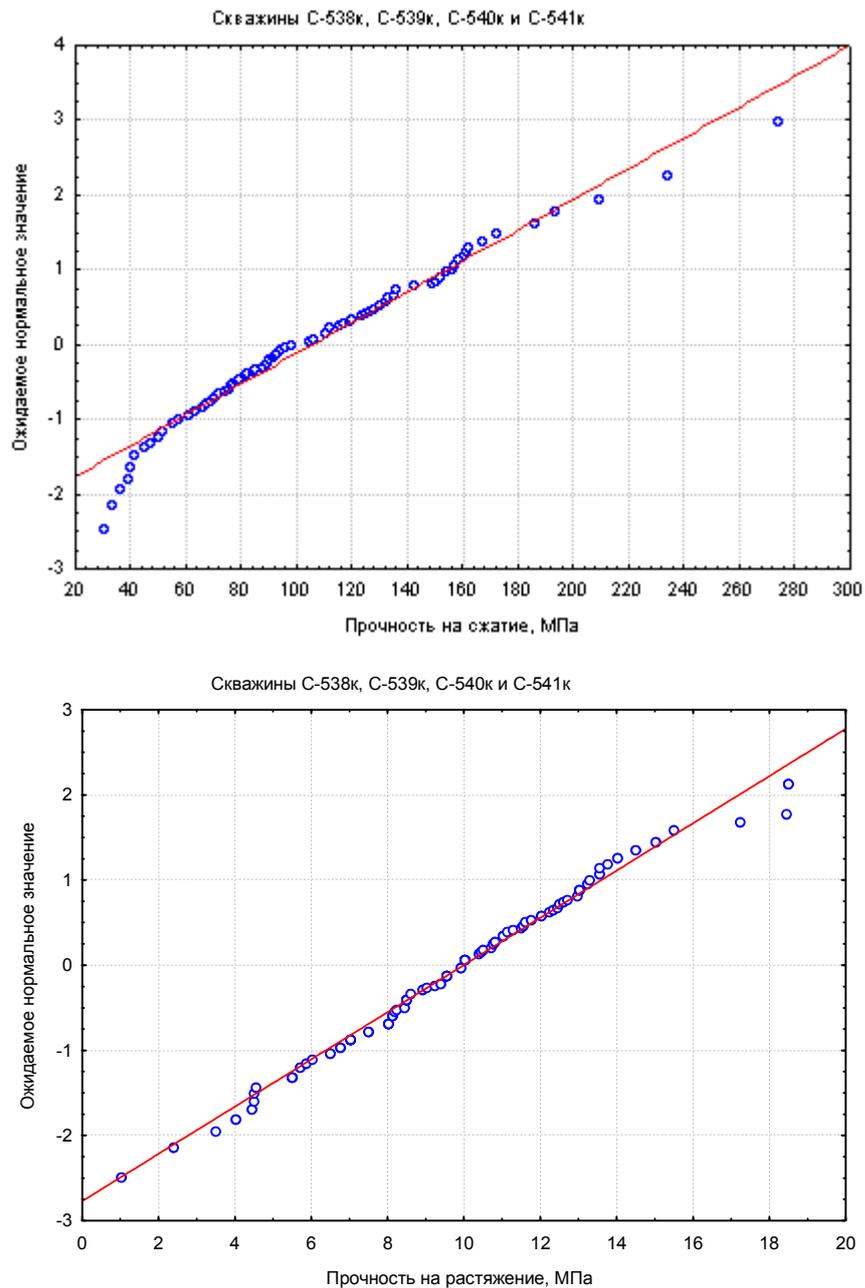
Результаты исследования анизотропии деформационно-прочностных свойств кварцитов Восточной залежи.

Показатель	Среднее значение показателя	Дисперсия показателя	Коэффициент вариации	Коэффициент анизотропии	Кол-во испытан образцов
Прочность при сжатии	$\frac{133,0}{133,6}$	$\frac{44,5}{54,2}$	$\frac{33,4}{40,6}$	0,99	$\frac{20}{27}$
Модуль упругости	$\frac{7,96}{9,23}$	$\frac{2,28}{1,96}$	$\frac{28,7}{21,2}$	0,86	$\frac{18}{8}$
Коэффициент Пуассона	$\frac{0,206}{0,274}$	$\frac{0,053}{0,025}$	$\frac{25,8}{34,6}$	0,75	$\frac{18}{16}$
Прочность при растяжении	$\frac{16,5}{9,4}$	$\frac{8,3}{2,9}$	$\frac{53,8}{30,9}$	1,65	$\frac{21}{19}$
Прочность при изгибе	38,4	14,3	38,4	–	36

*Примечание: в числителе представлены значения параметров в направлении параллельном слоистости, в знаменателе – нормально слоистости*

Статистическая обработка результатов, полученные нормальные вероятностные графики, приведенные на рис. 1.13, показывают, что гипотеза о нормальном распределении не противоречит полученным экспериментальным данным, хотя полученные данные могут иметь и более сложную функцию распределения. Некоторое несоответствие фактические данных нормальному распределению в области малых значений прочности (рис.1.13) объясняется разрушением низкопрочных образцов при отборе и подготовке образцов к испытаниям и не должно рассматриваться как недостаток.

Результаты исследований анизотропии деформационных свойств железистых кварцитов выполнены для одного участка, поэтому не совсем представительны и могут отличаться на других участках шахтного поля. В связи с этим, выявление степени влияния анизотропии пород на напряженно-деформированное состояние массива становится особенно важным.



*Рис.1.13. Аппроксимация экспериментально установленных распределений прочности образцов магнетитовых кварцитов по скважинам Малой Южной залежи нормальным распределением*

Коэффициент структурного ослабления (масштабный фактор) для перехода к прочности массива на основании опытных данных находится в пределах 0,3–0,5. Вместе с тем отсутствует надежная методика перехода к массиву для деформационных свойств пород. Среди известных, наиболее удовлетворительные результаты дает методика [121, 122, 123].

### 1.2.3. Природное поле напряжений месторождения

Исследования природных напряжений, начатые ВИОГЕМ по инициативе Казикаева Д.М., проводились Суржиным Г.Г, Фоминым Б.А., Журиным С.Н., в том числе при участии автора. Результаты измерений напряженного состояния массива горных пород свидетельствуют о том, что Главная залежь (рис. 1.14)

находится под действием тектонических сил, в то же время массив Восточной залежи (рис. 1.15) можно считать разгруженным до геостатического состояния. Аналогично, разгруженным до геостатического состояния можно принять массив Стретенской залежи, хотя непосредственных измерений на нем не проводилось.

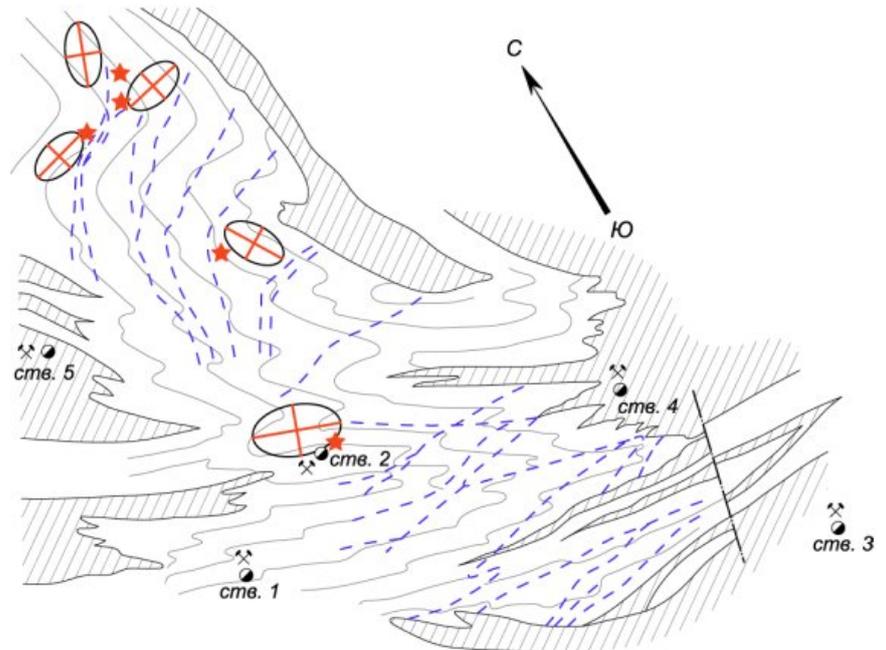


Рис. 1.14. Распределение горизонтальных напряжений по полю Главной залежи шахты им. Губкина [57]

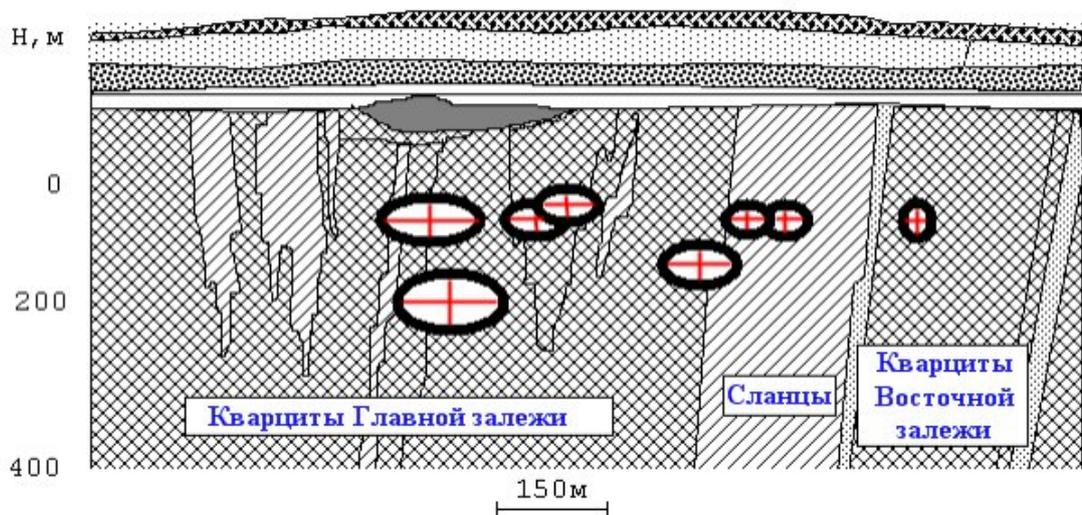


Рис. 1.15. Изменение природных напряжений на Коробковском месторождении

По данным Д.М. Казикаева и Б.А. Фомина [88] напряжения в массиве

Главной залежи могут быть аппроксимированы следующими значениями:

$$\sigma_1 = -1,8 + 0,032H \quad (1.1)$$

$$\sigma_2 = -4,6 + 0,058H \quad (1.2)$$

$$\sigma_3 = -5,8 + 0,068H \quad (1.3)$$

При  $H = 255$  м (гор.  $-71$  м) это дает следующие значения  $\sigma_1 = 6,36$  МПа,  $\sigma_2 = 10,19$  МПа,  $\sigma_3 = 11,54$  МПа.

По данным С.Н. Журина [41] совместный анализ напряжений в массиве разгруженной Восточной залежи и, дополнительно, с учетом Яковлевского месторождения дает аппроксимации вида

$$\sigma_{\text{верт}} = 0,022H \quad (1.4)$$

$$\sigma_{\text{гор}} = 4,1 + 0,007H \text{ либо } \sigma_{\text{гор}} = 0,014H \quad (1.5)$$

При  $H = 255$  м (гор.  $-71$  м) это дает значения  $\sigma_{\text{верт}} = 5,61$  МПа и  $\sigma_{\text{гор}} = 5,88$  МПа, либо  $\sigma_{\text{гор}} = 3,57$  МПа.

Таким образом, по всему полю Коробковского месторождения минимальный коэффициент бокового распора заведомо не менее  $\xi_{\text{min}} = 0,5 \div 0,6$ .

#### **1.2.4. Основные результаты работ по совершенствованию технологии подземной разработки железистых кварцитов КМА**

Широкий комплекс работ, проводимых на руднике им. Губкина (практически с начала его эксплуатации) институтами ИГД им. Скочинского, НИИКМА, ВИОГЕМ и рядом других, позволил к настоящему времени решить многие задачи, связанные с совершенствованием технологии подземной разработки железистых кварцитов КМА.

Принятая в настоящее время ширина очистных камер (30 м) и ширина междуканальных и междупанельных целиков была обоснована в работах М.И. Агошкова, В.Ф. Трумбачева и Е.А. Мельникова [1, 106] по результатам моделирования на оптически активных материалах и опыта работы рудника в период с 1952 по 1960 год. Необходимость проведения этих исследований в

значительной мере была обусловлена недостаточной устойчивостью междукамерных целиков шириной 15 м [69]. Последующий период работы рудника подтвердил высокую работоспособность системы с рекомендованными параметрами. Проведенные институтом НИИКМА исследования сейсмостойкости целиков [55] позволили установить, что в широком диапазоне изменения количества одновременно взрываемого в камере ВВ (от 11,5 до 30,0 т) целики рекомендованной ширины сохраняют устойчивость, причем величина возникающих в целике зон разрушений практически не зависит от веса ВВ. При принятых в настоящее время параметрах БВР, обеспечивающих дробление, изменение толщины целиков было признано нецелесообразным.

Вместе с тем исследования, проведенные институтом ВИОГЕМ по инициативе и под руководством Д.М. Казикаева, позволили установить, что размеры целиков, являясь рациональными с точки зрения динамической устойчивости, обеспечивают значительный запас статической прочности. В связи с этим дальнейшее развитие системы разработки шло по пути выбора параметров очистных камер с целью более полного использования значительных резервов системы. Проведенные исследования естественного напряженного состояния массива, физико-механических свойств пород и структурной раздробленности массива [37, 65], результаты моделирования на эквивалентных материалах [30], а также натурные исследования напряженно-деформированного состояния элементов системы разработки [40, 41, 101, 111, 113, 125, 126] в условиях Главной залежи месторождения, позволили разработать аналитическую схему расчета геомеханической системы "потолочина – камеры – целики" [29, 63, 76] и методику численного моделирования геомеханических процессов [60, 61, 62, 69, 86, 110, 124, 126, 128, 131]. Это дало возможность рекомендовать к применению целый класс вариантов этажно-камерной системы, в том числе с цилиндрическими, квадратными в плане камерами, а также камерами с увеличенными параметрами [45, 53, 54, 112]. Применение вариантов системы с цилиндрическими камерами позволит значительно повысить извлекаемые

запасы, но создаст серьезные трудности при последующем извлечении целиков, что препятствует широкому использованию рекомендованных вариантов в настоящее время.

В целом, с позиций обоснования параметров очистных пространств, к наиболее важным результатам исследований можно отнести: установление значительной тектонической составляющей естественного поля напряжений, оказывающей положительное влияние на глобальную устойчивость потолочного целика [111], сильную изменчивость физико-механических свойств массива и силовой обстановки даже в пределах Главной залежи месторождения [127], а также установленное в натуральных условиях перераспределение статических нагрузок на поддерживающие целики примерно пропорционально их жесткости [101].

Требования к рациональному использованию недр обуславливают необходимость выбора параметров элементов системы разработки, обеспечивающих не только эффективное извлечение камерных запасов, но и возможность последующего извлечения временно оставляемых в недрах целиков [44]. Проведенное институтом НИИКМА исследование технико-экономической целесообразности повторной отработки железистых кварцитов системами с закладкой [56], показало, что наиболее выгодной формой камер из соображений последующего извлечения запасов руды, оставленной в целиках, является прямоугольная. Использование цилиндрических камер предпочтительно и целесообразно только на тех участках, на которых по тем или иным причинам последующее извлечение не планируется, поскольку при этом достигается более полное первичное извлечение руды.

Совместное применение прямоугольных и цилиндрических камер позволит более эффективно обрабатывать залежи сложной конфигурации и приконтактные зоны.

### 1.3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

#### *Цель и задачи исследований*

Проведенный анализ геомеханических условий разработки руд под предохранительной потолочиной на Коробковском месторождении показывает, что геомеханические процессы, возникающие при отработке обводненных месторождений под защитой предохранительной потолочины, в большинстве своем известны. Вместе с тем, несмотря на широкий комплекс выполненных исследований, параметры системы разработки, применяемой на шахте им. Губкина, обеспечивают весьма значительный статический запас прочности целиков всех типов, что приводит к отработке месторождения с низким коэффициентом извлечения запасов этажа, а также в отдельных случаях приводит к отказу от отработки значительных участков месторождения. При этом также отсутствуют решения, адаптированные к условиям горнорудного производства или доведенные до возможности использования в инженерной практике.

Основным направлением совершенствования параметров этажно-камерной системы разработки в условиях КМА с учетом общих требований к разработке месторождений и рациональному использованию недр является увеличение параметров очистных камер с целью повышения концентрации горных работ и сокращения оставляемых в целиках запасов руды при условии обеспечения устойчивости целиков в течение необходимого периода.

*Цель работы – обеспечение эффективности и безопасности подземной разработки месторождений железных руд под предохранительными потолочинами, защищающими горные выработки от перекрывающей их толщи обводненных, склонных к плывуности пород*

Для изыскания резервов повышения извлечения полезного ископаемого и достижения цели работы необходимо решить следующий комплекс задач:

1. Разработать математические модели напряженно-деформированного состояния предохранительных потолочин при ведении горных работ под их

защитой и методики определения геомеханических параметров, входящих в математические модели.

2. Исследовать влияние природных факторов на напряженно-деформированное состояние предохранительной потолочины для выяснения необходимой точности их задания и целесообразности их учета.

3. Исследовать влияние технологических факторов на состояние потолочного и междукамерных целиков и разработать рекомендации по рациональным геометрическим параметрам системы разработки, обеспечивающим эффективность и безопасность горных работ.