

УДК 622.273.217.4

**Кузьменко А.М.**, д-р техн. наук, профессор,  
**Петлёваный М.В.**, канд. техн. наук, доцент  
(Государственное ВУЗ «НГУ»)

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПОРОД И ЗАКЛАДОЧНОГО МАССИВА  
ПРИ ИХ ОБНАЖЕНИИ В ОЧИСТНЫХ КАМЕРАХ**

**Кузьменко О.М.**, д-р техн. наук, професор  
**Петльований М.В.**, канд. техн. наук., доцент  
(Державний ВНЗ «НГУ»)

**ВПЛИВ ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ  
НА СТІЙКІСТЬ ПОРІД ТА ЗАКЛАДНОГО МАСИВУ  
ПРИ ЇХ ВІДСЛОНЕННІ В ОЧИСНИХ КАМЕРАХ**

**Kuzmenko O.M.**, D.Sc. (Tech.), Professor  
**Petlovanyi M.V.**, Ph.D. (Tech.), Associate Professor  
(State HEI «NMU»)

**INFLUENCE OF NATURAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS  
ON ROCK AND BACKFILL MASSIF STABILITY  
DURING STOPES EXCAVATION**

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы влияния природных и технологических факторов на устойчивость рудопородного и закладочного массива, а также проявления вывалов при очистной выемке высокими камерами мощной рудной залежи.

Приведен анализ геологического строения и распространения систем трещин в рудной залежи и вмещающих породах Южно-Белозерского месторождения в местах вывалообразования закладки и руды в очистное пространство камер. Установлена характерная зональность распространения интенсивности трещиноватости, которая увеличивается от периферии к середине южного крыла залежи «Главная». В средней части залежи по ее горизонтальной площади ширина зон трещиноватости увеличивается, что влечет за собой повторяющиеся вывалы руды, пород и закладки, расположенных по одной маркшейдерской оси.

Рекомендовано в условиях сильнотрещиноватого горного массива производить формирование закладочного массива в отработанных камерах дифференцировано, по горизонтальной рудной площади изменяя структурно-реологические свойства закладочной смеси с целью ее инъектирования в системы трещин.

**Ключевые слова:** мощная рудная залежь, очистная камера, закладочный массив, породы висячего и лежащего боков, системы трещин.

**Введение.** Разработка рудных месторождений, представленных крутыми залежами с высоким содержанием полезного компонента, осуществляется системами с твердеющей или пастовой закладкой выработанного пространства очистных камер. Отработка рудных запасов по горизонтальной площади чередуется с закладочными работами, отстающими от очистных камер первой очереди на время, необходимое для затвердения искусственного массива.

Очистные камеры второй очереди отработки рудных запасов находятся в окружении руды и закладки выработанного пространства камер первой очереди. В этих условиях прочность и устойчивость искусственного массива к сейсмическому воздействию при взрывной отбойке руды имеет важное значение с позиции обрушения и загрязнения отбитой рудной массы составляющими компонентами закладочной смеси [1, 2]. Кроме этого увеличивается объем выработанного пространства, что влечет дополнительные затраты на производство закладочных работ камер второй очереди и удорожание стоимости добычи руды.

Применения высоких очистных камер с большими объемами отбиваемой руды сопровождается увеличением площади обнажения искусственно-возведенного массива, который находится в напряженном состоянии, отличающимся разной степенью напряженности по контуру очистной камеры. По мере отбойки камерных запасов руды площадь обнажения увеличивается, изменяя напряженное состояние массива и его устойчивость к сейсмическому воздействию во времени.

Прочностные свойства искусственного массива зависят от состава смеси и внутренних связей между компонентами, способными противостоять растягивающим и сжимающим напряжениям на контуре площади обнажения. В современных системах разработки плоскости обнажений искусственного массива располагаются в трех направлениях – горизонтально, наклонно и вертикально. Сопряжение этих плоскостей образует острые и тупые углы, вокруг которых формируются растягивающие и сжимающие напряжения. Растягивающие напряжения, как правило, располагаются возле тупых углов, а острые углы формируют сжимающие напряжения. При шестиугольной очистной камере сочетание этих углов наблюдается у кровли и днища камеры, но их значение отличается с позиции вывалообразования.

Расположение плоскостей обнажений очистной камеры имеет большое значение при трещиноватых боковых породах, так последние склонны к обрушению по плоскостям скольжения при обнажении горными работами. Трещиноватость пород является более значимым фактором, чем крепость породы на сжатие, и способствует быстрому разрушению массива при возникновении в нем растягивающих напряжений под действием горного давления или взрыва. Контур очистной камеры имеет шероховатость в виде выступов и впадин, размеры которых определяются расстояниями между системами трещин. Порой они достигают значительных размеров, особенно, при ведении горных работ в зоне расположения тектонических нарушений.

**Анализ публикаций.** Устойчивость горного и искусственного массива является доминирующим фактором при разработке полезных ископаемых, так как являются источником их загрязнения, и требует дополнительных ресурсов для получения концентрата. Напряженное состояние горных пород вокруг горных выработок характеризует влияние горного давления и его перераспределение в массиве под действием технологических процессов в зависимости от физико-механических свойств. Напряженному состоянию массива горных пород вокруг горных выработок различного объема и конфигурации уделено достаточно

внимания [2-7]. Отмечается влияние размеров очистных камер и их конфигурации на формирование нормальных сжимающих и растягивающих напряжений, которые разрушают внутренние связи горных пород и являются причиной возникновения вывалов в горные выработки. Устойчивость искусственного массива, возведенного при закладке очистных камер первой очереди отработки рудных запасов, представляет опасность загрязнения рудной массы при отбойке руды в камерах второй очереди. Напряженное состояние закладочного массива рассмотрено в работах [1, 6], где дана оценка влияния составов закладочной смеси и времени твердения в зависимости от компонентов и их физико-механических свойств.

Такие значимые факторы как трещиноватость породного и рудного массива, а также вязкость закладочной смеси практически не рассматривались с позиции упрочнения пород на контуре очистной камеры первой очереди. Как правило, очистные камеры имеют одинаковые геометрические размеры, а основным критерием для их выбора служат прочностные свойства руды и вмещающих пород. Как отмечается в работе [7] трещиноватость массива способствует его обрушению в большей степени, чем крепость пород. При этом разрушаются как бока, так и кровли очистных камер, представленные рудой и породами.

**Изложение основного материала исследований.** Месторождения железной руды представлены магматическими породами, которые в процессе своего образования подвергались тектоническим процессам, в результате которых образовались нарушения монолитности горного массива различного ранга и соответствующие им тектонические системы трещин. Чем выше степень метаморфизма, а, следовательно, и прочность горных пород, тем слабее связь между тектоническими блоками по плоскостям скольжения. Устойчивость массива к обнажению горными работами слабая, особенно при воздействии на него сейсмическими волнами при массовом взрыве, вызванного отбойкой руды и проведением горных выработок. Большинство месторождений железных руд имеют разную степень трещиноватости в пределах рудного поля.

Южно-Белозёрское месторождение занимает северную часть западного крыла Центральной синклинали и представляет собой полосу субмеридионального простирания (от северо-западного до северо-восточного) железистых кварцитов, вмещающих богатые железные руды. Рудовмещающий горизонт железистых кварцитов вогнут на запад. Простирание его меняется: на южном фланге (до разведочного профиля 40-230) – северо-западное ( $310^\circ$ ), далее на участке между разведочными профилями: 40-230 и 39 – субмеридиональное, а затем (к северу от разведочного профиля 39) – северо-восточное ( $40^\circ$ ). Угол падения рудной залежи увеличивается с юга на север – с  $60-65^\circ$  до  $80-85^\circ$ .

Геологическое строение месторождения характеризуется двумя комплексами пород: изверженные и метаморфические отложения кристаллического фундамента и перекрывающая его толща осадочных пород мезо-кайнозойского возраста. Рудное тело залежи «Главная» не имеет разрывов сплошности на всём своём протяжении, однако осложнено складчатостью, как с висячего, так и с лежащего бока, усложняя ведение горных работ.

В южной части залежи вмещающими породами для него как в висячем, так и в лежащем боку являются сланцы кварц-хлорит-серицитового, кварц-серицит-хлоритового и кварц-гематит-хлоритового состава, коэффициент крепости по шкале М.М. Протодьяконова от 7-9 до 8-10, трещиноватость сланцев средняя, устойчивость средняя.

Центральная часть залежи в висячем и лежащем боках, также, как и в южной части залежи, представлена сланцами кварц-серицит-хлоритового, кварц-хлорит-серицитового и кварц-гематит-хлоритового состава, коэффициент крепости по шкале М.М. Протодьяконов от 7-9 до 8-10, трещиноватость средняя, устойчивость средняя.

Северная часть залежи по морфологии рудных тел и составу вмещающих пород заметно отличается от южной и центральной части залежи. Мощность рудной залежи здесь резко падает, при этом она расщепляется на ряд рудных тел, из которых самым выдержанным по простиранию является рудное тело в лежащем боку залежи. Рудные тела разделяют кварциты, преимущественно гематит-мартитового состава мощностью 7-20 м. Вмещающими породами лежащего бока являются сланцы кварц-хлорит-серицитового состава, крепостью 7-9, которые дальше на север замещаются кварцитами гематит-мартитового состава крепостью 14-15. С висячего бока вмещающими породами являются кварциты, преимущественно гематит-мартитового состава крепостью 14-15, трещиноватость средняя, устойчивость средняя.

Залегание железистых кварцитов и согласных с ними железных руд осложнено складчатостью четвертого и более высоких порядков. Разрывных нарушений на залегании пород и руд не наблюдается, но имеет место развитие отдельных трещин вертикальных и пологих с углами падения 10-20° на всей площади месторождения. Простирание вертикальных трещин преобладает в направлении 350°, а пологих - 250-275°. Этими трещинами железистые кварциты и руды разбиты на блоки. Иногда по этим трещинам наблюдаются кварцевые жилы и рудные брекчии в виде обломков железистых кварцитов и руд, сцементированных дисперсным гематитом. В условиях месторождения наблюдается широкий диапазон изменения степени трещиноватости от низкой (0-2 трещины на один метр) до весьма сильной (20 трещин на один метр).

Ожидаемая величина перебора контура очистной камеры выше проектных значений зависит от устойчивости горного массива, которая определяется степенью его трещиноватости. Она же влияет на кусковатость отбиваемой руды и на произвольное обрушение горных пород при их обнажении очистными работами значительных площадей.

Горными работами установлено, что устойчивость обнажения горного массива и рудного тела в очистных камерах различного порядка отработки рудных запасов по горизонтальной площади на южном крыле недостаточна в диапазоне глубин 480-840 м.

Шахтной документацией подтверждено обрушение вмещающих пород лежащего и висячего боков, руды и закладочного массива, которое происходило в подавляющем большинстве случаев в очистных камерах южного крыла (32) и

только в трёх очистных камерах на северном крыле залежи. Как приведено выше, месторождение отличается геологической неоднородностью, которая прослеживается по горизонтальной площади рудного тела на обрабатываемых этажах, а также по глубине разработки. Особое внимание обращает тот факт, что южное крыло залежи имеет развитую систему трещин, которая отличается на крыльях и купольной части складки четвертого порядка. Имеет место замещение породных отдельностей по высоте очистной камеры, разнонаправленность систем тектонических трещин и их частота, слабый контакт, ориентация в пространстве и угол падения, а также их природа образования. Отмечается зональность в проявлении тектонической трещиноватости, которая выражается в обрушении пород и закладочного массива в очистное пространство камер первой и второй очереди отработки рудных запасов.

По глубине отработки рудного тела прослеживается закономерность изменения устойчивости камер по их осям, которые формируют группы с характерными геологическими признаками (рис. 1).

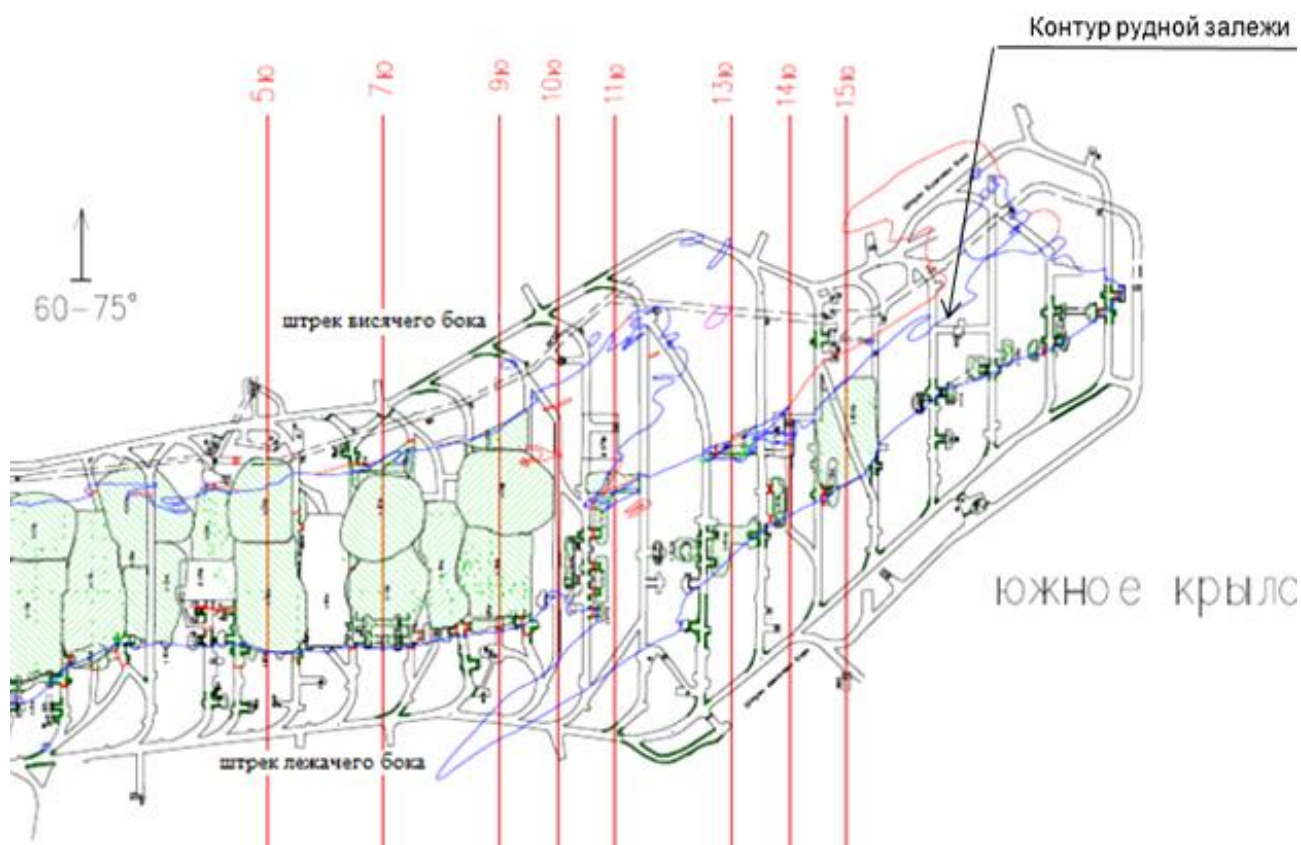


Рисунок 1 – Расположение ослабленных зон трещиноватости на горизонтальной площади рудной залежи «Главная» и вмещающих пород по осям очистных камер южного крыла горизонта 740 м

Можно выделить четыре группы очистных камер, расположенные по осям: I группа – 1/5ю, 3/5ю, 4/5ю; II группа – 1/7ю, 2/7ю, 3/7ю, 4/7ю; III группа – 0/9ю, 2/9ю, 4/9ю, 1/10ю, 2/10ю, 1/11ю, 0/11ю; IV группа – 0/13ю, 3/13ю, 4/13ю, 0/14ю, 1/14ю, 3/15ю, 1/15ю, 2/15ю, 3/15ю. Проявления обрушения руды и вмещающих пород наблюдаются в очистных камерах, которые располагаются у южной око-

нечности рудной залежи при ее выклинивании на этажах. Особенностью I и II группы очистных камер является характерные изменения трещиноватости по глубине отработки рудной залежи. Они располагаются в центре шахтного поля в изогнутой части южного крыла залежи на участке, где ее мощность уменьшается. По простиранию рудной залежи зоны трещиноватости, изменение структуры руды и вмещающих пород выделяются неширокой полосой до 30 м через одну очистную камеру.

В створе очистной камеры 1/5ю руда гематит-мартитовая, мартит-гематитовая, редко встречаются прослой мартит-железослюдковой и гематитовой руды. Структура тонко-среднеслоистая, иногда массивной текстуры, редко плейчатая, окварцованная с включениями карбонатного материала, трещиноватость от слабой до средней, неравномерная по крепости от  $f = 3-5$  до  $f = 7-8$ . На горизонте 740 м по буровому штреку руда гематит-мартитовая, тонко-среднеслоистая, слабоскладчатая,  $f = 5-6$ , средней трещиноватости, низкой устойчивости, по трещинам II-III порядков в процессе горнопроходческих работ наблюдались отслоения руды. По взаимопересекающимся трещинам III порядка происходило отслоение горной массы в виде плит, что свидетельствует о слабом контакте и наличии зияния между плоскостями трещин.

По оси камеры 1/7ю очистные камеры обрабатывают руду гематит-мартитовую с частичными замещениями в западной части камеры с прослоями мартит-гематитовой мощностью 2-3 м. В основном, руда тонкослоистая, неравномерной крепости, трещиноватость изменяется от слабой до средней, устойчивость средняя. Контакт с вмещающими породами четкий. На горизонте 640 м по орту 7ю + 7,5 м наблюдаются отдельные прослой мартит-гематитовой руды землистого сложения, низкой устойчивости. По глубине отработки залежи в створе оси от гор. 605 до гор. 825 м отмечается изменение состава руды и возрастает трещиноватость. Так на горизонте 825 м, наблюдались отслоения руды по взаимопересекающимся трещинам III порядка, обусловленным близким расположением отработанной и заложеной камеры 2/7ю.

Вмещающие породы всячего бока в этаже 640-665 м представлены кварцитами гематит-мартитовыми широкополосчатыми, трещиноватыми, средней устойчивости.

Неустойчивость рудного массива и вмещающих пород к обнажению характеризуется зональностью довольно широкой полосой по простиранию горизонтальной площади рудной залежи, охватывая 3-4 очистные камеры, т.е. 100-120 м.

В очистной камере 2/9ю рудная залежь по составу гематит-мартитовая, с отдельными маломощными гнездами мартит-гематитовой руды, которая имеет слабослоистую и тонкослоистую структуру, с коэффициентом крепости от  $f = 3-5$  до  $f = 6-7$ , слабой трещиноватости, средней устойчивости. С понижением горных работ на горизонте 690 м отмечены зоны интенсивной трещиноватости. Трещины разнонаправлены в пространстве массива и представлены открытого и закрытого типа, заполненные гематитовым материалом, устойчивость руды низкая. По простиранию рудной залежи в очистной камере 1/10ю состав руды

представлен гематит-мартитовой, мартит-гематитовой, гематитовой, гематит-железослюдко-мартитовой рудой. Структура массива представлена тонкой и грубослоистой, комковатая, плейчатая, полосчатая, местами сланцеватой текстуры, в отдельных интервалах массивная, по напластованию часто с белым карбонатным материалом. Крепость руды изменяется в два раза (от  $f = 3-5$  до  $f = 7-8$ ) по горизонтальной площади залежи, а трещиноватость слабая или средняя. Трещины взаимопересекающиеся, часто открытого типа, устойчивость в основном средняя.

Вмещающие породы лежачего бока сланцы кварц-хлорит-серицитовые, средней степени рассланцованные, средней трещиноватости и устойчивости, крепостью  $f = 7-8$ .

Расположенный южнее по простиранию за очистной камерой 2/9ю рудный массив по осям камер 1/10ю и 0/11ю изменяет состав и структурное строение. Так, в очистной камере 1/10ю руда гематит-мартитовая, мартит-гематитовая, гематитовая, гематит-железослюдко-мартитовая, от тонко- до грубослоистой, комковатая, плейчатая, полосчатая, местами сланцеватой текстуры. На горизонте 690 м в отдельных интервалах руда массивная, по напластованию часто с белым карбонатным материалом. Трещиноватость изменяется от слабой до средней. Трещины взаимопересекающиеся, часто открытого типа.

Вмещающими породами лежачего бока являются сланцы кварц-хлорит-серицитовые, тонко-среднерассланцованные, средней трещиноватости, с зеркалами скольжения по плоскостям рассланцевания, низкой устойчивости.

Аналогичные структурные изменения наблюдаются в четвертой группе очистных камер, расположенных южнее третьей группы. Структурный состав рудного тела изменяется в таких же пропорциях, как и в предыдущих очистных камерах, а проявления трещиноватости отличается коренным образом. Особенно это становится очевидным по глубине отработки рудной залежи на примере расположения массива по оси очистной камеры 0/13ю на горизонте 605-740 м. Здесь трещиноватость массива изменяется от слабой до средней, устойчивость средняя, но на гор. 635 м и гор. 690 м по мощности рудной залежи наблюдается система трещин III порядка, контролирующие кровлю с падением на юго-запад под углом 15-25°, по которым возможно отслоение руды, где рудная залежь имеет восточное падение под углом 65-70°. Во вмещающих породах гор. 715 м наблюдается трещина открытого типа, по падению не выдержана, падение на запад под углом 70-30°.

Далее на юг по простиранию рудной залежи прочностные свойства руды изменяются до четырех раз, но степень раскрытия трещин увеличивается, что наглядно видно на примере рудного массива по оси очистной камеры 1/15ю на горизонте 715-840 м.

На гор. 740 м руда мартитовая, слоистая, сильной трещиноватости, трещины часто открытого типа, в процессе горнопроходческих работ происходило блочное отслоение руды из кровли, устойчивость низкая. Ниже, на горизонте 775 м трещины II-III порядков, разнонаправленные, устойчивость низкая. На горизонте 810 м руда гематит-мартитовая, железослюдко-мартитовая, тонкослоистая,

сланцеватая, местами с зеркалами скольжения, трещиноватость средняя, наблюдалось отслоение руды крупными блоками, устойчивость низкая.

Вмещающими породами лежачего бока являются сланцы кварц-серицит-хлоритовые, средне-тонкорассланцованные, гематитизированные по напластованию, слабооталькованные. Трещиноватость пород средняя и участками наблюдается сильная трещиноватость, при которой устойчивость массива к обнажению низкая.

Обращает на себя внимание развитие отдельных систем трещин и зияния между плоскостями скольжения, которые формируют блочную структуру рудного и породного массива. Влияние трещиноватости на технологические параметры отбойки руды и устойчивости массива отмечалось также в работах [4, 5, 7]. При этом не учитываются свойства закладочной смеси проникать в открытые системы трещин для создания монолитности, упрочнения массива и повышения его устойчивости к обнажению, а также сейсмическому воздействию. Фактически для закладки очистных камер применяется одинаковый состав закладочной смеси, обладающий одинаковыми вяжущими свойствами, не зависимо от степени развития систем трещин и их открытости по плоскостям скольжения.

На шахте «Эксплуатационная» ЧАО «Запорожский железорудный комбинат» в закладочной смеси вяжущими веществами являются молотые шлаки металлургического производства и отходы флюсового производства. Быстрое схватывание смеси и создание прочных связей предопределяется, прежде всего, наличием в вяжущих материалах гидравлически активных минералов.

Методом инфракрасной спектроскопии установлено, что доменный граншлак содержит мелилит близкий по составу к окерманиту и псевдоволластонит. Инфракрасные (ИК) спектры образцов компонентов закладки снимали на приборе SPECORD-75IR (рис. 2).

Анализ спектрограммы доменного граншлака (рис 2, а) позволил установить, что заметно выделяются мелилит с полосами поглощения 470 (деформационные колебания связи Si-O-Si); 858, 950, 980, 1020 (валентные колебания Si-O в диортогруппах  $\text{Si}_2\text{O}_7$ )  $\text{cm}^{-1}$ ; псевдоволластонит с рядом пиков в диапазоне 420-500 (деформационные колебания связи Si-O-Si); 570-580 (валентные колебания связи Ca-O); слабый пик 715; серия пиков 920-1110 (валентные колебания связи Si-O). В отходах флюса (рис 2, б) содержится кальцит с четко выявленными полосами поглощения 714, 874, 1418 и 1803  $\text{cm}^{-1}$ . Первые три полосы самые интенсивные, а полосы 1440, 1825  $\text{cm}^{-1}$  принадлежат доломиту. В спектрах карбонатов наблюдается одиночный пик (1400-1450  $\text{cm}^{-1}$ ), соответствующий валентному колебанию иону  $\text{CO}_3$ . Волластонит присутствуют в меньшей степени со слабыми полосами поглощения 455, 570, 650, 680  $\text{cm}^{-1}$  и кварц 465, 520, 590, 700  $\text{cm}^{-1}$ .

Все минералы закладочных материалов являются инертными, однако в результате измельчения способны проявлять гидравлическую активность. Мелилит представляет собой непрерывную серию твердых расплавов окерманита с геленитом, которые слабо гидратируются в течение длительного времени, что



обуславливает в 3-х месячном возрасте прочность твердеющей закладки на уровне 5-7 МПа. Псевдоволластонит также подвергается медленной гидратации, образуя гелеобразную массу. Эти два минерала оказывают наибольшее значение в процессе формирования новообразований твердеющей системы. Остальные минералы составляют скелет закладочного массива.

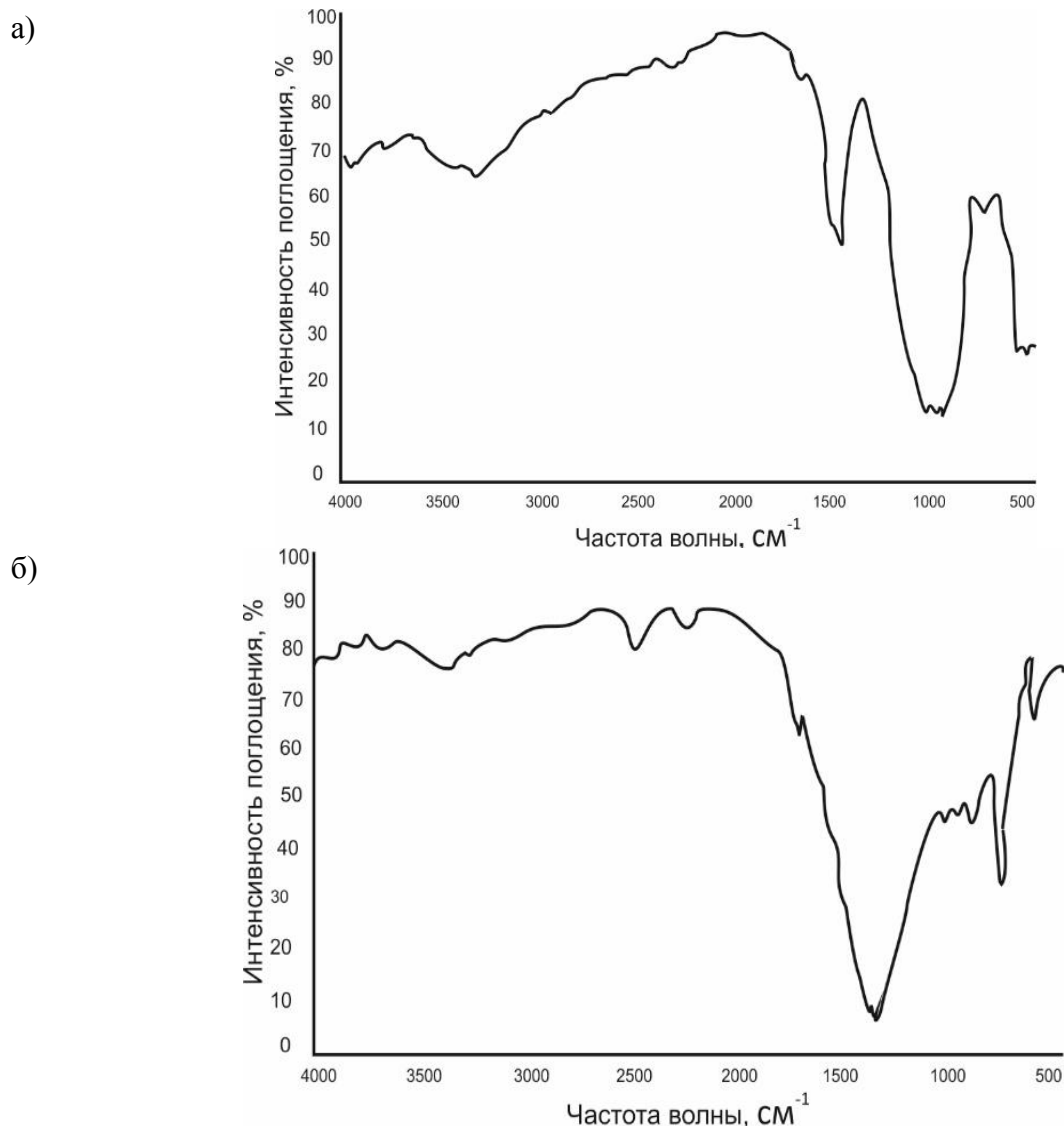


Рисунок 2 – Инфракрасные спектрограммы закладочных материалов: доменный гранулированный шлак (а); отходы флюсового производства (б)

Одной из причин слабой устойчивости закладочного массива при воздействии горного давления и сейсмических волн является отсутствие в структуре к трехмесячному возрасту закладки прочных связей низкоосновных гидросиликатов кальция, которые начинают частично проявляться в возрасте 6 месяцев (прочность 9-13 МПа). В структуре массива наблюдаются поровые пространства, что приводит к снижению прочности.

Посредством воздействия на частицы гидравлически активных минералов механоактивацией или введением в закладочную смесь активизирующих добавок можно достичь более быстрого формирования прочных кристаллических

новообразований (гидросиликатов кальция) нитевидной, игольчатой структуры с повышенной адгезионной способностью на контакте с вмещающими породами.

Закладочные работы в выработанном пространстве очистных камер осуществляются без надлежащего учета развития и проявления систем трещин, а составляющие компоненты закладочного массива не корректируются. Сопоставление степени раскрытия трещин с размерами частиц закладочной смеси свидетельствует об отсутствии ее возможности проникать в открытые системы трещин для цементации массива в моноблок. Выработанное пространство заполняется потоком закладочной смеси, находящейся в жидком двухфазном состоянии с разделением на твердую жидкую фракцию, а гидравлическое давление создается технологической высотой. При фильтрации заполненного объема через перемычки вода вымывает дисперсные частицы закладочных смесей, что не способствует склеиванию и прилипанию вяжущих элементов к наклонной и вертикальной поверхности вмещающих пород в зоне зияния трещин. Скорее наоборот, гидравлическое давление способствует раскрытию крутопадающих и кососекущих систем трещин и отрыву рудных или породных блоков на контакте с новыми структурными образованиями.

Следовательно, при ведении закладочных работ на контакте с трещиноватыми массивами необходимо уделять внимание вязкости и пластичности состава закладочной смеси, а также их фракционному составу. При отработке рудных запасов в очистных камерах второй очереди, когда очистные работы ведутся в окружении искусственного массива, отсутствие четкого контакта влияет на устойчивость закладочного массива к обнажению при сейсмическом воздействии массовыми взрывными роботами в результате отбойки руды.

Таким образом, устойчивость горного массива к обнажению зависит от природных и технологических факторов, которые определяют эффективную добычу руды при системах разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями, а также от дифференцированного подхода к формированию закладочных массивов по горизонтальной площади рудной залежи, учитывая образования структурных форм и замещения горных пород.

**Выводы.** Анализ структурного строения рудной залежи и вмещающих пород, а также проявления систем трещин в горном массиве при ведении горных работ по площади и глубине развития горных работ позволили установить природные и технологические особенности:

- распространение систем трещин в рудной залежи и вмещающих породах лежащего и висячего бока имеет зональный характер, как по глубине, так и по горизонтальной рудной площади;

- ширина зон трещиноватости увеличивается к середине южного крыла залежи «Главная», что подтверждается обрушением в выработанное пространство руды, вмещающих пород и закладочного массива в очистных камерах, расположенных по одной оси;

- составы закладочной смеси применяются без должного учета структурного строения и развития систем трещин, которые бы обеспечивали не только прочностные функции, но и цементацию массива на контакте с последующим

ведением горных работ по отбойке рудных запасов;

– при формировании закладочного массива в окружении ослабленных горных пород в смесях должны преобладать силикаты кальция, обладающие гидравлической активностью, способные создавать прочный искусственный камень, также необходимо повышать вязкость и пластичность смеси;

– формирование закладочных массивов необходимо производить путем дифференцированного подхода по горизонтальной площади рудной залежи, учитывая трещиноватость и преобладающее развитие систем трещин в горном массиве, чтобы обеспечить ему необходимую устойчивость при обнажении.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование прочностных и деформационных свойств закладочного массива / Н.С. Кунанбаев, С.Н. Зеленцов, А.Б. Макаров [и др.] // Горный журнал. – 2001. – № 5. – С. 36-38.
2. Четверик, М.С. Перспективные направления добычи руд в глубоких карьерах и шахтах Кривбасса / М.С. Четверик // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2012. – Вып. 104. – С. 51-60.
3. Chistyakov, E. Investigation of the geomechanical processes while mining thick ore deposits by room systems with backfill of worked-out area / E.Chistyakov, V.Ruskih, S.Zubko // *Geomechanical Processes during Underground Mining*. – 2012.- p. 127-132.
4. Khomenko, O. Industrial research into massif zonal fragmentation around mine workings / O. Khomenko, M.Kononenko, M.Netecha // *Mining of Mineral Deposits*. – 2016. – vol. 10(1). – p. 50-56.
5. Капленко, Ю.П. Влияние напряженного состояния горного массива и горно-геологических условий на параметры обнажений и форму очистных камер / Ю.П. Капленко, В.В. Цариковский // Разработка рудных месторождений. – 2005. – Вып. 88. – С. 11-24.
6. Кузьменко, О.М. Стійкість штучного масиву при підземній розробці потужного рудного покладу на великій глибині / О.М. Кузьменко, М.В. Петльований // Збірник наукових праць НГУ. – 2017. – № 50 – С. 56-62.
7. Кузьменко, А.М. Распределение напряжений в горном массиве вокруг высоких очистных камер при разработке рудных месторождений с твердеющей закладкой / А.М. Кузьменко, В.В. Усатый // Геотехническая механика. – 2010. – Вып. 94. – С. 105-133.

#### REFERENCES

1. Kunanbaev, N.S., Zelentsov, S.N., & Makarov, A.B. at al (2001), “Investigation of the strength and deformation properties of the packing massif”, *Gornyy zhurnal*, vol. 5, pp. 36-38.
2. Chetverik, M.S. (2012), “Prospective directions of extraction of ores in deep quarries and mines of Krivbass”, *Geo-Technical Mechanics*, vol.104, pp. 51-60.
3. Chistyakov, E., Ruskih, V., and Zubko, S. (2012), “Investigation of the geomechanical processes while mining thick ore deposits by room systems with backfill of worked-out area”, *Geomechanical Processes during Underground Mining*, 127-132.
4. Khomenko, O., Kononenko, M., and Netecha, M. (2016), “Industrial research into massif zonal fragmentation around mine workings”, *Mining of Mineral Deposits*, vol. 10(1), pp.50-56.
5. Kaplenko, Yu.P., and Tsarikovskiy, V.V. (2005), “The influence of the stressed state of the mountain massif and the mining and geological conditions on the outcrop parameters and the shape of the purification chambers”, *Razrobotka rudnykh mestorozhdeniy*, vol. 88, pp. 11-24.
6. Kuzmenko, O.M., and Petlovanyi, M.V. (2017) “The stability of an artificial array during underground development of a powerful ore deposit at a great depth”, *Zbirnyk naukovykh prats NHU*, vol. 50, pp. 56-62.
7. Kuzmenko, A.M., and Usaty, V.V. (2010), “Distribution of stresses in the rock mass around high cleaning chambers in the development of ore deposits with hardening tabs *Geo-Technical Mechanics*, vol. 94, pp. 105-133.

#### Об авторах

**Кузьменко Александр Михайлович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры подземной разработки месторождений, ГВУЗ «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»),

Днепр, Україна, [kuzmenkoa@nmu.org.ua](mailto:kuzmenkoa@nmu.org.ua).

**Петлєваний Михайл Владимирович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри підземної розробки месторождений, ГБУЗ «Национальный горный университет» (ГБУЗ «НГУ»), Днепр, Україна, [petlyovany@ukr.net](mailto:petlyovany@ukr.net).

#### About the authors

**Kuzmenko Oleksander Mykhailovych**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Professor of the Underground Mining Department, SHEI “National Mining University” (SHEI “NMU”), Dnipro, Ukraine, [kuzmenkoa@nmu.org.ua](mailto:kuzmenkoa@nmu.org.ua).

**Petlovanyi Mykhailo Volodymyrovych**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor of the Underground Mining Department, SHEI “National Mining University” (SHEI “NMU”), Dnipro, Ukraine, [petlyovany@ukr.net](mailto:petlyovany@ukr.net).

---

**Анотація.** Розглянуто питання впливу природних і технологічних факторів на стійкість рудопородного й закладного масиву, а також прояву вивалів при очисній виїмці високими камерами потужного рудного покладу.

Наведено аналіз геологічної будови та поширення систем тріщин у рудному покладі й вміщуючих породах Південно-Білозерського родовища в місцях вивалоутворення закладки і руди в очисний простір камер. Встановлено характерну зональність поширення інтенсивності тріщинуватості, що збільшується від периферії до середини південного крила покладу «Головний». У середній частині покладу по його горизонтальній площі ширина зон тріщинуватості збільшується, що тягне за собою повторювані вивали руди, порід і закладки, розташованих на одній маркшейдерській осі.

Рекомендовано в умовах сильнотріщинуватого гірського масиву здійснювати формування закладного масиву у відпрацьованих камерах диференційовано, по горизонтальній рудній площі, змінюючи структурно-реологічні властивості закладної суміші з метою її ін'єктування в системи тріщин.

**Ключові слова:** потужний рудний поклад, очисна камера, закладний масив, породи висячого і лежачого боків, системи тріщин.

**Abstract.** The problems of natural and technological factors influence on the ore-rock and filling massif stability, as well as rockfall manifestations during stopped excavation by high stopes of a thick ore deposit are considered.

An analysis of the geological structure and distribution of fracture systems in the ore deposit and adjacent strata of Pivdenno-Bilozerske deposit in the places of filling massif and ore fall in the extraction space of the stopes is given. Distinctive zonation of the fracture intensity distribution which increases from the periphery to the middle of the southern wing in “Hlavnaia” ore deposit was established. In the middle part of the deposit, along with horizontal area, increases the width of fracturing zones, which entails repetitive ore fall, rocks and a backfill located along a single mine-surveying axis.

It is recommended, in conditions of a highly fractured rock massif, to form the backfill massif in the finished stopes differentially, along with horizontal ore area changing the structural and rheological properties of the filling mixture in order to inject it into the crack system.

**Keywords:** thick ore deposit, stope, a backfill massif, rocks of a hanging wall and foot wall, crack system.

*Статья поступила в редакцию 19.03.2017*

*Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Четвериком М.С.*