

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ГЕОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

DEVELOPMENT OF THE GEOENERGETIC MONITORING METHODOLOGY DURING UNDERGROUND DEVELOPMENT OF THE ORE DEPOSITS

O. Khomenko,

*doctor of engineering sciences,
associate professor,*

*The National Mining University,
Dnepr, Ukrain;*

V. Lyashenko,

*candidate of engineering sciences,
Ukrainian Scientific-Research and Design-Prospecting
Institute of Industrial Technology,
Zhelty Vody, Ukrain.*

The scientific and practical results of the investigations in the domain of the geoenergetic monitoring methodology have been provided. The method of investigation of the zonal destruction processes of the massif surrounding the underground excavations has been described. There sults of the shaft, laboratory and experimental investigations, mathematical and physical simulation as well as the theoretic analysis and their summarizing based on the standard methodologies have been provided. The stable form of destruction of the development and breakage headings has been defined and change dependency of deformation depth of the development and breakage headings containing massif has been identified.

Keywords: metalliferous deposits, underground extraction, breakage and development headings, geoenergetic monitoring.

Большинство рудных месторождений Российской Федерации, Украины, Казахстана и других развитых горнодобывающих стран мира характеризуются крайне сложными горно-геологическими и горнотехническими условиями. Эффективное управление геомеханическим состоянием рудовмещающего массива в сложных горно-геологических условиях может быть обеспечено геомеханическим мониторингом его напряженно-деформированного состояния (НДС). Поэтому развитие методологии геоэнергетического мониторинга при подземной разработке рудных месторождений на основе выявления показателей зонального разрушения массива вокруг подземных выработок и результатов промышленных методов исследования с учетом оценки степени устойчивости обнажений, выявления закономерностей их деформирования и разрушения, увязки выемки руды и пород во времени и пространстве, определения параметров конструктивных элементов систем разработки, спо-

О.Е. Хоменко,

*доктор технических наук,
доцент,*

*«Национальный горный университет»,
г. Днепр, Украина;*

В.И. Ляшенко,

кандидат технических наук,

*Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт промышленной технологии»,
г. Желтые Воды, Украина.*

Ключевые слова: рудные месторождения, подземная разработка, очистные и подготовительные выработки, геоэнергетический мониторинг.

собою крепления и соответствующих типов крепи – важные, имеющие научное и практическое значение задачи, требующие системного решения [1-10].

Метод исследований

Авторами выполнены исследования процессов зонального разрушения массива вокруг подземных выработок с помощью натуральных экспериментов с использованием методов наблюдений и оценок, маркшейдерских съемок, разгрузки массива, деформации скважин и глубинных реперов в области геоэнергетического мониторинга, шахтные, лабораторные и экспериментальные исследования, математическое и физическое моделирование, а также теоретический анализ и обобщение результатов исследований по стандартным методикам [1].

Обсуждение и оценка полученных результатов

Систематизация видов проявления энергии пород на рудниках развитых горнодобывающих стран мира, анализ способов повышения устойчивости горных выработок, классификация теорий о горном давлении вокруг выработок и проблематика исследования энергетических процессов в горных породах позволили поставить цель первого этапа исследований – геоэнергетический мониторинг состояния массива горных пород, оценка и прогноз техногенных изменений в массиве с целью выявления негативных последствий и разработки рекомендаций по их устранению при разработке рудных месторождений. Это процессы энергетического обмена в минеральной среде и закономерные преобразования одних видов энергии в другие, изучение свойств взаимодействующих открытых систем путем анализа условий и количественных соотношений, возникающих с превращением энергии. Имеется ввиду механизмы возникновения энергетических полей в земной коре, сущность процессов теплообмена, преобразования потенциальной энергии упругой деформации в работу, процессов перераспределения и возникновения напряжений в окружающем выработку массиве, накопления нарушений и характер разрушения массива. Достоверность мониторинга определялась количеством ис-

пользуемых методов диагностики, а также уровнем приборного обеспечения (табл. 1) [2].

Визуальные методы

Методы наблюдения и оценки использовались при изучении участков разрушений на контуре выработок, которые предопределялись напряжениями, действующими в массиве пород. Это позволило по данным наблюдений в выработках, примыкающим к очистным камерам приблизительно оценить величины и направления действия главных напряжений, а также изменчивость поля напряжений в пределах изучаемого участка очистных работ. Данными методами были решены следующие задачи: оценена структура развивающихся деформаций в массиве горных пород, ориентировочно определены величины и направление действия главных напряжений, проведено качественное сравнение степени напряженности на разных глубинах проведения выработок.

Визуальную оценку напряжений, которые действовали в примыкающих к очистным камерам подготовительно-нарезных выработок, выполняли в условиях отработки запасов руд на горизонтах 665, 690 и 715 м шахты «Эксплуатационная» ЧАО «ЗЖРК» [3], горизонтах 1008 и 1050 м шахты «Терновская» ПАО «КЖРК» [4], горизонтах 507 и 522 м шахты «Смолинская» ГП «ВостГОК» [5] следующим образом. Первоначально проводили визуальные обследования всех доступных выработок, примыкающих к очистным камерам, с целью выявления закономерностей формирования областей интенсивного разрушения руд и пород. Обследованию подлежали закрепленные с помощью анкеров, набрызг-бетона и комбинированных крепей, а также незакрепленные горизонтальные подготовительные и нарезные выработки. Отмеченные места разрушений наносили на планы горных работ, а сами выработки фотографировали для более детального анализа. Затем данные классифицировали с учетом интенсивности разрушений и положения участков разрушений относительно контура выработок.

Данные по тридцати шести подготовительных выработках и двадцати пяти очистных камерах, расположенных в интервале глубин 507-1008 м, позволили установить эллипсоидную форму границ деформации контуров выработок (рис. 1). Другие формы проявления факторов зонального капсулирования массива подземными выработками не исследовались [6]. Исследование параметров энергетических зон на лабораторных моделях из эквивалентных материалов показали возможность визуализации зональной напряженности массива, эллипсоидной формы зон, их центрирование по выработок и симметричную форму в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Анализ состояния 20 буровых ортов на горизонтах 665, 690 и 715 м шахты «Эксплуатационная» позволил установить, что после завершения очистных работ в камерах основными видами проявления разрушений являются растрескивание и обрушение руды с креплением в кровле и боках выработок. На горизонте 690 м по длине буровых ортов проявление происходит на расстоянии 4-16 м от камер в сторону пород висячего бока, а на горизонте 715 м – на расстоянии 18-44 м. В ортах горизонта 665 м негативные проявления происходили на расстоянии до 20 м от камер в сторону пород лежащего бока (рис. 2).

Так, были зафиксированы обрушившиеся с анкеров куски руды в левом боку бурового орта 10 с горизонта 690 м со стороны висячего бока в 15-18 м от очистной камеры 1/10 с. Обрушение закрепленного рудного массива развивается со стороны камеры. Размеры отслоившихся кусков руды достигали 1 м. У левого бока орта, а также по кровле, наблюдаются незначительные трещины размерами 0,005-0,01 м. Расстояние между трещинами составляло 0,5-1,5 м. Все анкера деформированы. Крепление буровых ортов на всем их протяжении не производили в связи с тем, что срок службы этих выработок составляет менее 18 месяцев, за исключением мест с повышенной трещиноватостью, где и устанавливались анкера [6].

Таблица 1

Технические характеристики бурового оборудования.

Метод	Шахта	Горизонт, м	Вид выработок	Место замера	Объем и вид обследованных выработок
Наблюдения и оценки	«Проходческая»	665	Подготовительные	Кровля, бока	20 буровых ортов
		690			
		715			
	«Терновская»	1050			6 полевых штреков
	«Смолинская»	507			10 буровых штреков
522					
Маркшейдерские съемки	«Эксплуатационная»	640, 665, 690, 715, 470, 775, 810	Очистные	Висячий бок	17 очистных камер
		Лежащий бок			
		Днище			
Разгрузка массива	«Эксплуатационная»	740		Висячий и лежащий бока	7 очистных камер
		840			
Деформация скважин	«Терновская»	975	Лежащий бок	эксплуатационный блок (3 пары сближенных скважин)	
		1008			
Глубинные репера	«Проходческая»	300	Висячий бок	3 откаточных горизонта (8 глубинных реперов)	
		640	Лежащий бок		

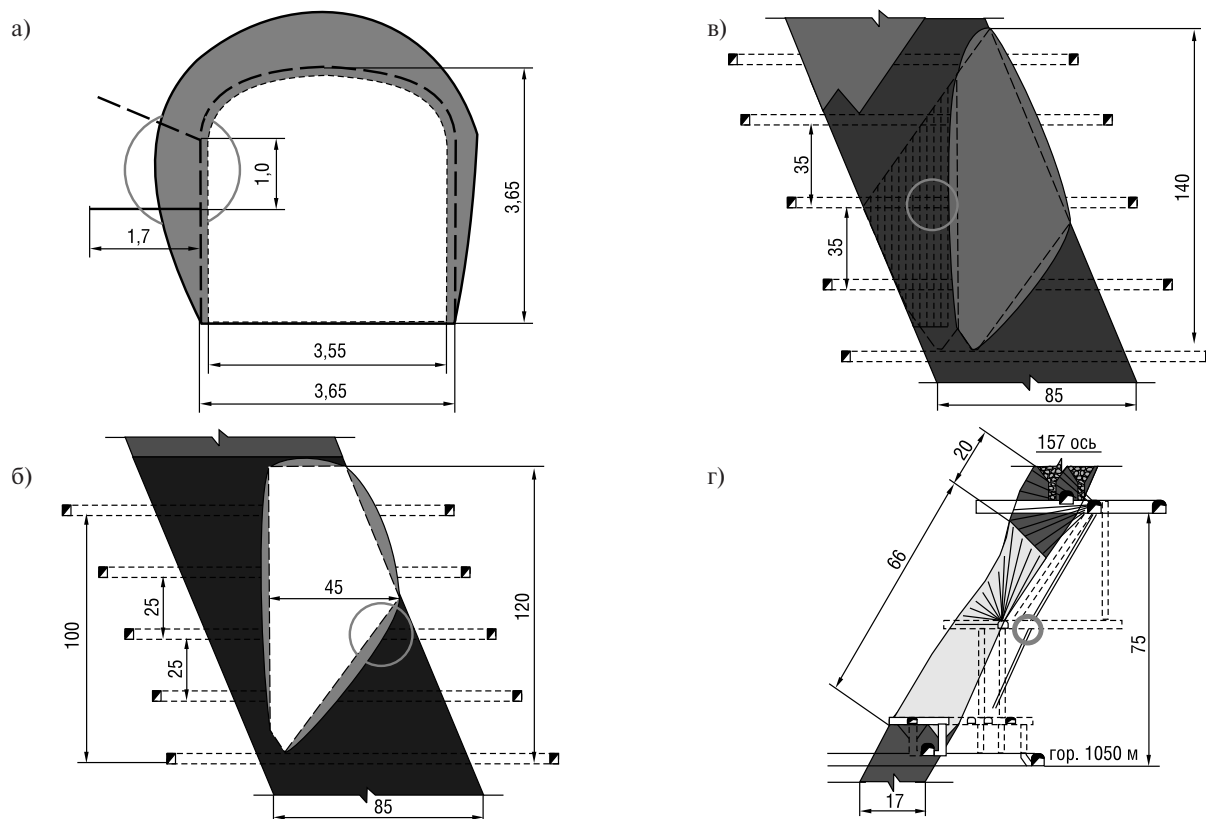


Рис. 1. Схемы оценки глубины разрушения массива горных пород с использованием визуальных методов (а), методов маркшейдерских измерений (б), частичной разгрузки массиву (в) и деформации скважин (г); круги на схемах являются местами выполнения исследований.

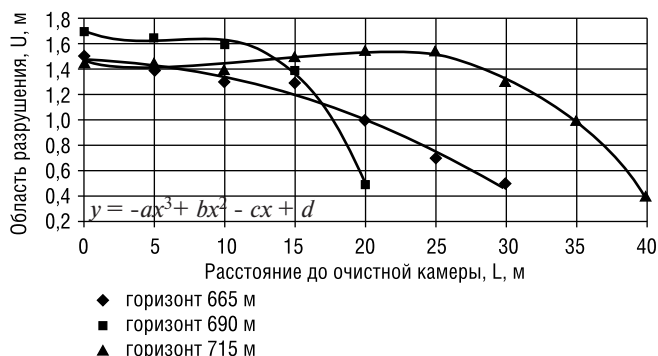


Рис. 2. Изменение глубины разрушения контура буровых ортов в зависимости от расстояния до очистных камер.

Для кровли нарезных выработок горизонта 715 м максимальная глубина области разрушения достигала 1,7 м. В этих местах выработок интенсивно проявлялось отслоение кусков руды вплоть до формирования свода естественного равновесия. Со стороны правого бока выработок величина области разрушения достигала 1,35 м и проявлялась в виде призм сползания. На всех трех подэтажах 665, 690 и 715 м величина области разрушения U от расстояния до очистных камер L изменялась по степенным зависимостям (см. рис. 2).

Для кровли буровых выработок горизонта 665 м, пройденных со стороны лежачего бока, разрушение массива пород описывалось зависимостью, м

$$U = -0,0001 L^2 - 0,0036 L + 1,48, \text{ при } R^2 = 0,98, \quad (1)$$

где R^2 – корреляция значений по методу наименьших квадратов.

Для кровли буровых выработок горизонта 690 м, пройденных с висячего бока, м

$$U = -0,0005 L^3 + 0,01 L^2 - 0,005 L + 1,71, \text{ при } R^2 = 0,95. \quad (2)$$

Для кровли буровых выработок горизонта 715 м, пройденных с висячего бока, м

$$U = -0,0001 L^3 + 0,003 L^2 - 0,023 L + 1,46, \text{ при } R^2 = 0,91. \quad (3)$$

На шахте «Терновская» состояние массива исследовали по примыкающим к камерам этажных и подэтажных подготовительных выработкам. Глубина заложения штреков и ортов составляла $H = 900-1200$ м, средняя прочность пород висячего бока 170 МПа и лежачего бока залежей 80 МПа (рис. 3).

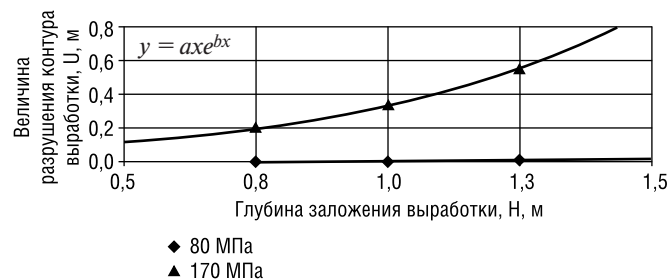


Рис. 3. Изменение глубины разрушения контура подготовительных выработок.

При прочности пород более 140-160 МПа разрушение контура выработки практически отсутствуют. В связи с этим

была получена зависимость глубины разрушения контура выработки при изменении прочности пород $\sigma_{сж}$, глубины заложения выработки H и удаленности от очистной камеры L . Полученная зависимость имеет вид, м

$$U = 1,9 - \sigma_{сж} 0,137e^{-0,0013 H/L}, \text{ при } R^2 = 0,88. \quad (4)$$

Подобные исследования выполнялись на шахте «Смолинская», где были обследованы 10 буровых штреков в 5 добычных блоках: 554-3, 504-6, 554-2с, 504-3,4, 554-1 [7]. Для массива руды, вмещающего очистные камеры, результирующая эмпирическая зависимость величин разрушения в боках камер по простиранию залежи, имеют вид, м

$$U = 0,0003L_k^3 - 0,06L_k^2 + 3,65L_k - 39,14, \text{ при } R^2 = 0,99. \quad (5)$$

Методы маркшейдерских измерений

Закономерности деформирования и разрушения массива пород, возникающие в результате проведения горных выработок, проводились на 7 подэтажных и этажных горизонтах шахты «Эксплуатационная» и включали измерения относительной конвергенции контуров обрушений пород в очистных камерах после завершения добычных работ [8]. При выполнении замеров величин разрушений использовалось геометрическое нивелирование и маркшейдерские инструменты – тахеометр и лазерная рулетка. Нивелирные хода прокладывались от реперов, расположенных в нарезных выработках, которые примыкали к очистным камерам. В результате обследования 17 камер установлено, что после окончания ведения очистных работ основными видами проявления горного давления являются растрескивание и обру-

шение руды, породы и массива закладки в висячем и лежащем боках и наклонном днище камер на буровых подэтажах и главных откаточных горизонтов 740 и 840 м вкрест простирания залежи (табл. 2).

Для массива, окружающего первичные очистные камеры, эмпирические зависимости величины разрушения в висячем боку камер, имеет вид, м

$$U = 0,07H_k - 45, \text{ при } R^2 = 0,99; \quad (6)$$

величина разрушений в лежащем боку камер

$$U = 0,0175H_k - 11,03, \text{ при } R^2 = 0,99; \quad (7)$$

величина разрушений в днище камер

$$U = 0,0125H_k - 4,83, \text{ при } R^2 = 0,99. \quad (8)$$

Механические методы

Метод разгрузки основан на использовании характеристик упругого восстановления формы элемента породы при искусственном отделении его от массива. Для определения напряжений на поверхности горных выработок использовался *метод частичной разгрузки*, который в отличие от основного метода разгрузки не обладает низкой надежностью определения напряжений, от которых в значительной степени зависит обоснованность принятых значений модуля упругости и коэффициента Пуассона. Порядок выполнения работ состоял в том, что на площадке поверхности выработки исследовали поведения массива по состоянию эксплуатационных скважин, пробуренных в нормальном направлении к площадке. В результате бурения скважин изменялось напряженное состояние массива руды в непосредственной близости от скважин и при измерении деформации горных пород, представлялась возможность приближенно определить значения действовавших напряжений до бурения скважин из буровых подэтажных выработок на горизонтах 740 и 840 м ЧАО «ЗЖРК».

Анализ результатов состояния эксплуатационных скважин по 9 очистным камерам (6 шт. на горизонте 740 м и 3 шт. – на 840 м) показал, что на расстоянии 10 м от каждого взрываемого веера возникают относительные деформации массива в пределах 0,1-0,3 мм/м, на расстоянии 60 м – менее 0,01 мм/м. Вокруг зон интенсивного влияния взрыва область расслоения масса достигала 0,3-1,5 м от контура, а общее влияние очистных работ проявлялось на 15-20 м. Зависимость, описывающая глубину влияния очистных камер на состояние вмещающего массива, имеет вид, м

$$U = 0,0175H_k - 11,03, \text{ при } R^2 = 0,97. \quad (9)$$

Метод деформации скважин используется для оценки напряженного состояния горных пород основан на изменении диаметра скважин при загрузке и разгрузке участка исследу-

Таблица 2

Размеры очистных камер на буровых подэтажах и откаточных горизонтах.

№ камеры	горизонт 640 м		горизонт 665 м		горизонт 690 м		горизонт 715 м	
	проект	факт	проект	факт	проект	факт	проект	факт
1/9с	20	22	18	21	25	27	37	39
1/9ю	35	43	46	49	39	43	21	27
2/13ю	30	39	36	38	47	50	40	48
2/1с	40	45	54	55	56	57	40	47
1/3с	14	18	28	32	42	49	26	39
1/10с	26	42	20	31	20	21	26	27
1/3ю	35	38	45	50	45	47	26	29
1/8с	23	28	22	27	22	27	25	33
1/7ю	30	40	46	54	41	49	22	26
1/1ю	52	55	59	60	45	49	25	30
1/5ю	24	32	31	39	38	40	21	25
1/5с	42	44	42	43	33	35	29	32
№ камеры	горизонт 715 м		горизонт 740 м		горизонт 775 м		горизонт 810 м	
	проект	факт	проект	факт	проект	факт	проект	факт
2/5ю	13	34	32	42	38	38	25	25
2/3ю	9	31	25	42	38	38	24	31
2/7ю	28	54	26	45	28	34	20	25
2/1ю	25	32	28	34	40	40	29	35
2/3с	11	13	25	25	42	43	27	27

емого массива горных пород при его подработке, сопоставляемых с аналогичными радиальными деформациями и длиной скважин. Применение метода было ограничено высокими затратами, связанными с бурением значительного количества исследовательских скважин. Разновидностью метода деформации скважин является *метод каротажа скважин*. Этот метод позволяет устанавливать не только раскрытие трещин, но и места нарушения целостности пород по длине скважин. Для изучения процесса разрушения обследованию и периодическому осмотру подлежат конструктивные элементы блока (целики, кровли, обнажения камер). Для оценки относительных напряжений, действующих в массиве пород, выбуривали параллельно-сближенные скважины в породах лежачего бока блока 150-159 залежи «8 П» в этаже 1050-975 м шахты «Терновская» ПАО «КЖРК», где метод деформации скважин использовался без применения деформометров. Контроль состояния пород лежачего бока в очистной камере производился путем каротажа параллельных скважин. Оперативный контроль исключил ошибочное разбуривание и обрушение пород при взрывании приконтурных эксплуатационных скважинах. Параллельные сближенные скважины были пробурены из бурового подэтажного штрека 154 МО горизонта 1040 м, буровых ортов 160 МО горизонтов 1008 и 975 м. Расслоения и обрушения пород лежачего бока, в которых были пробурены каротажные скважины на расстоянии 5-8 м от обнажения, не наблюдались.

Полученная зависимость глубины разрушения контура лежачего бока в очистной камере имеет вид, м

$$U = (-0,0067 \sigma_{сж} + 1) / (0,9H_k) - 1, \text{ при } R^2 = 0,93. \quad (10)$$

Изучение сдвижений и деформаций горных пород в массиве глубинными реперами

Метод включает постановку наблюдений на земной поверхности, в горных выработках и скважинах. Для этой цели широко применяют глубинные реперы, закладываемые в скважины. Сущность метода заключается в том, что в специальные скважины, пробуренные из горной выработки или земной поверхности, закладываются на выбранных расстояниях от устьев глубинные реперы. От каждого репера к замерной станции (измерительные устройства) выводятся системы связи (нержавеющая проволока или колонны штанг), с помощью которых определяют смещение реперов, а следовательно и массива вокруг пустот, в направлении оси скважины.

Существующие технические средства предназначены в основном для условий осадочных, пластовых, угольных и сланцевых месторождений, породы которых под действием сил горного давления претерпевают значительные деформации без разрушения, а для рудных месторождений не удовлетворяют требуемой точности и диапазона измеряемых величин. Проведенные стендовые исследования и работы по усовершенствованию технических средств измерения смещений и деформаций по методу глубинных реперов показали, что для условий скальных месторождений конструкция измерительных устройств и связей с ними должна обеспечивать: надежность закрепления в скважине; минимальные искажения передачи смещения репера к измерительному устройству; предохранение измерительной части от возможных повреждений; необходимую точность и диа-

пазон измерений смещения в пределах 10^{-4} - 10^{-5} и деформации от 10^{-5} до 10^{-6} ; возможность дистанционных автоматизированных измерений; простоту установки, демонтажа и изготовления. Таким требованиям отвечает глубинный репер, нашедший широкое применение в сложных горно-геологических условиях месторождений сложной структуры Российской Федерации, Украины, Казахстана и других развитых горнодобывающих стран.

Репер стержневого типа (А.С. СССР № 394685) применяют для неглубоких, пробуренных во все стороны из горной выработки скважин (рис. 4). Он эффективно применяется только индивидуально, так как при установке в скважине нескольких реперов происходит осевое кручение последних и захлестывание проволок связи между ними. Это в значительной степени усложняет оборудование станции глубинными реперами, снижает общую надежность их работы.

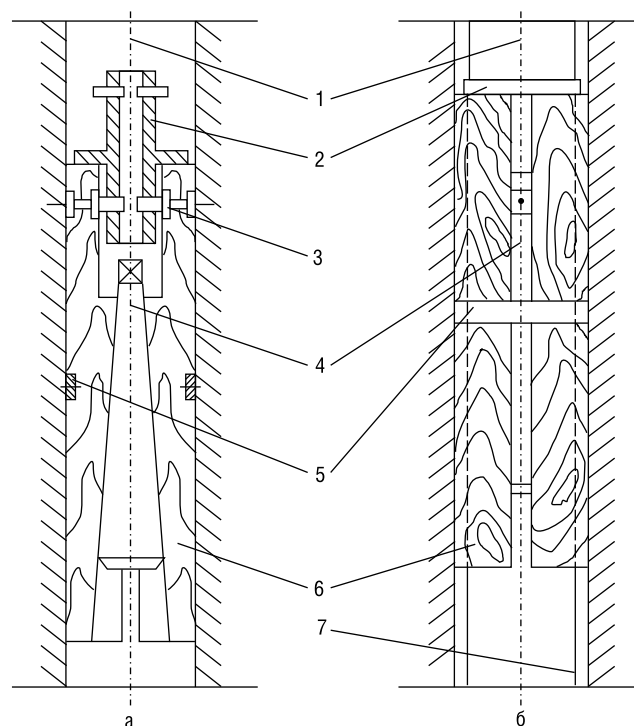


Рис. 4. Конструкции реперов: а, б - соответственно для неглубоких и глубоких скважин;

1 - проволока связи; 2 - опорная втулка; 3 - стяжной винт с гайкой; 4 - стержень; 5 - резиновые кольца; 6 - деревянные сегменты; 7 - направляющие тяги.

Глубинный репер стержневого типа (А.С. СССР № 604999) применяют для глубоких нисходящих скважин, пробуренных из подземных горных выработок и земной поверхности (см. рис. 4, б). Конструкция этого репера отличается наличием направляющих тяг, размещенных в продольных пазах деревянных сегментов.

Закладку репера и его закрепление в неглубоких скважинах, пробуренных во все стороны из подземной выработки, осуществляют при помощи установочной головки с ручной лебедкой или при помощи реактивной установки (рис. 5) (А.С. СССР № 827786), а в нисходящих, пробуренных из подземной выработки и земной поверхности — опускным ударником, при наличии воды в скважине — стопорным устройством (рис. 6) (А.С. СССР № 712499).

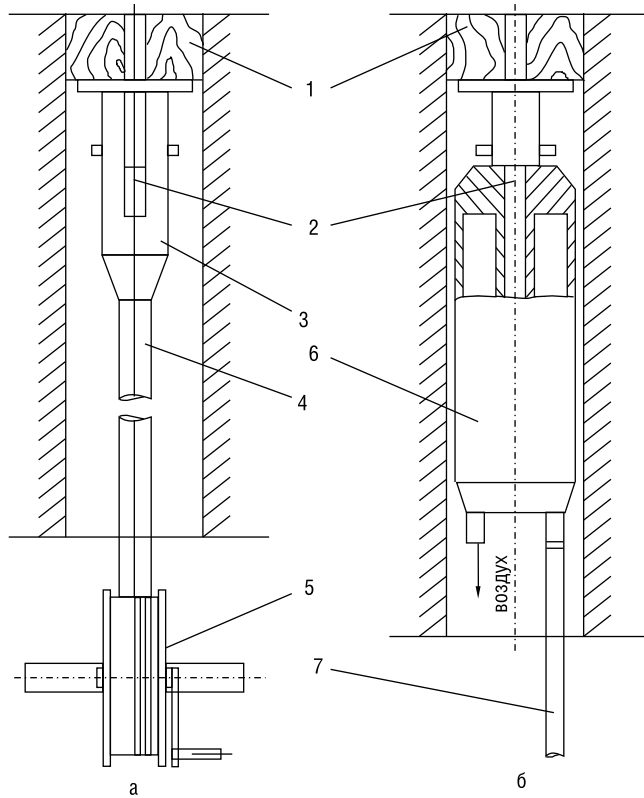


Рис. 5. Устройство для закрепления реперов: а, б - соответственно с ручной лебедкой и реактивной установкой; 1 - глубинный репер; 2 - проволока связи; 3 - установочная головка; 4 - штанга; 5 - лебедка; 6 - реактивный снаряд; 7 - воздушный резиновый шланг.

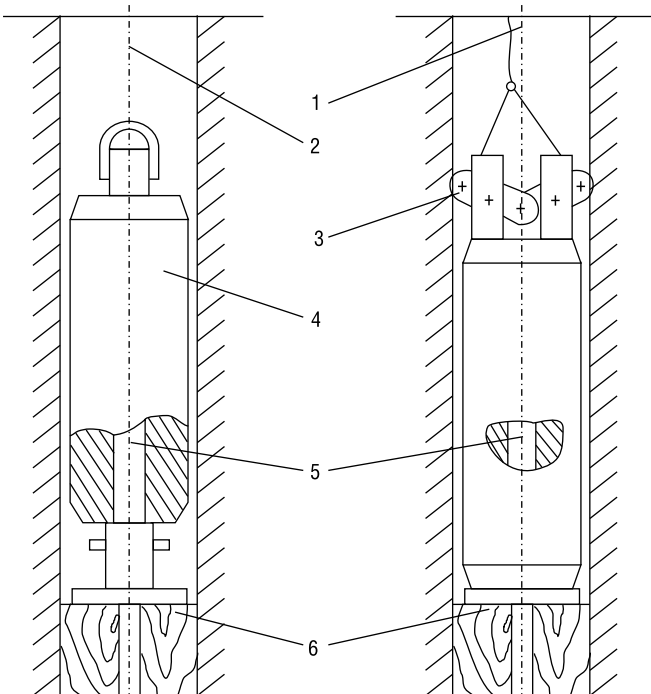


Рис. 6. Конструкция для закрепления реперов в нисходящих скважинах: а - опускной ударник; б - стопорное устройство; 1,2 - соответственно стопорный и опускной трос; 3 - стопорные пластины; 4 - груз; 5 - проволока связи; 6 - глубинные реперы.

Расположение *глубинных реперов* производилось по длине скважин, которые устанавливали совместно с детальным из-

учением геологического строения горных пород. Относительные смещения массива пород на разных расстояниях от выработок измеряли с помощью глубинных реперов, оборудованных проволоочной связью с точками замера. В одной скважине закладывали по несколько реперов. Смещения определялись относительно глубинных реперов, которые закладывали вне зоны влияния горной выработки относительно репера в выработке [9]. Метод был использован на ЧАО «ЗЖРК» для контроля смещения вмещающих пород месторождения, а также массива руды в интервале горизонтов 480-640 м с помощью 8 глубинных реперов. Анализ измерений и данных по станциям глубинных реперов показал, что на глубинах 300-600 м и более закладка предотвращает полное сдвигание вмещающих пород, особенно висячего бока. Установлено, что конвергенция смежных камер до закладки в период твердения смесей составляет 0,3-0,4 м, которая слагается главным образом из расслоения приконтурного массива, а конвергенция до полного твердения смесей превысила 1 м. Прочность закладки от 2 до 6 МПа и потенциальных напряжений в массиве 8,8-21,8 МПа исключают возможность восприятия массивом закладки развивающегося горного давления, м

для пород висячего бока залежи

$$U=1,111e^{-0,1453L}, \text{ при } R^2 = 0,96;$$

для пород лежащего бока залежи

$$U=8,53e^{-0,062L}, \text{ при } R^2 = 0,94.$$

Натурные исследования поведения массива горных пород вокруг выработок позволили определить устойчивое отношение глубины разрушения массива от габаритных размеров выработок, которые находились в интервале 0,05-1,24 диаметра выработки. Форма этих областей для подготовительных и очистных выработок стремилась к эллипсоидной – максимально устойчивой форме горной выработки (рис. 7).

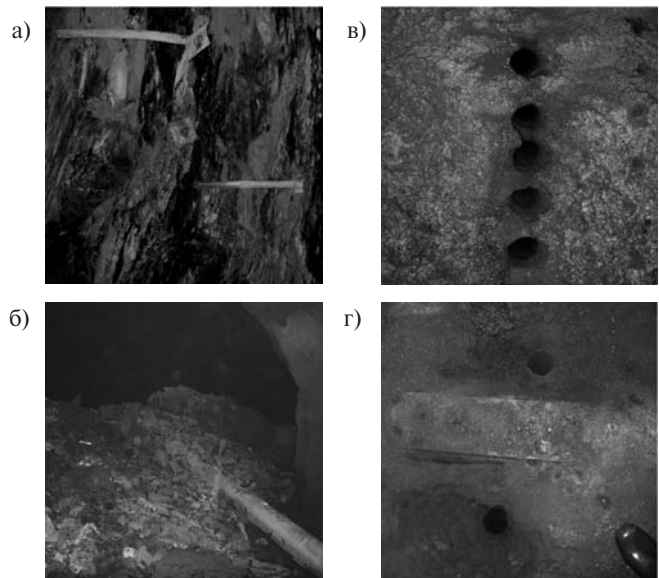


Рис. 7. Внешний вид объектов натурных исследований глубины разрушения массива горных пород с использованием визуальных методов (д), методов маркшейдерских измерений (б), частичной разгрузки массива (в) и деформации скважин (г).

Результаты промышленных исследований глубины разрушения массива.

Метод исследования	Интервал исследуемых глубин, м	Габариты обследуемых выработок, $h \times d$ и $h_k \times l_{пр}$, м	Диапазон глубины разрушения массива, U , м	Относительная глубина разрушения, $(U+0,5h)/0,5h$
Наблюдения и оценки	522 - 1050	3,0×3,5	0,4 - 1,7	1,26 - 2,13
Маркшейдерские съемки	640 - 840	35,0×120,0	1,0 - 26,0	1,06 - 2,48
Разгрузка массива	740 - 840	35,0×130,0	0,3 - 20,0	1,02 - 2,14
Деформация скважин	975 - 1050	70,0×60,0	1,0 - 4,0	1,03 - 1,11
Глубинные репера	300 - 640	35,0×120,0	0,3 - 1,0	0,10 - 1,06

Возможность инструментальной регистрации и визуального наблюдения энергетических зон вокруг горных выработок открывается при проникновении в область массива измерительными скважинами, например, при разрушении на контуре скважины появились трещины зонального разрушения. Однако, инструментальные методы не позволяют зарегистрировать скачок тангенциальных и радиальных напряжений, обусловленный формированием зонального капсулирования выработок. При этом на исследуемых глубинах 507-1050 м средние значения напряжений оставались в доверительном интервале разброса экспериментальных значений. Если в результате перераспределения напряжений максимальные их значения достигали или превышали величину γH , были локализованы в некоторых областях массива и не вызывали внимания для проведения дальнейших исследований.

Оценка полученных результатов

По результатам исследований ГП «УкрНИПИИ промтехнологии» (г. Желтые Воды, Украина), ГВУЗ «Национальный горный университет» (г. Днепр, Украина), ГП «Научно-исследовательский горнорудный институт» (г. Кривой Рог, Украина) и Института геотехнической механики НАН Украины им. М.С. Полякова (г. Днепр, Украина), а также с учетом передового опыта применения камерных систем с закладкой на Криворожском и Запорожском железорудных комбинатах, в других бассейнах страны и за рубежом и используя аппаратурно-методические разработки для условий месторождений сложной структуры *составлены и утверждены*: «Инструкция по обоснованию безопасных и устойчивых параметров очистных блоков на шахтах ГП «ВостГОК», а также «Инструкция по обоснованию безопасного ведения горных работ и порядка отработки рудных залежей на шахтах ГП «ВостГОК» и «Инструкция по геомеханическому обоснованию безопасной отработки запасов выше гор. -300 м на шахте «Новоконстантиновская» [11-16].

Перспективы развития исследований

Несмотря на многообразие применяемых методов и средств диагностики, и контроля напряженно-деформированного состояния массива, их можно по функциональному назначению объединить в три класса: натурные (промышленные), физические (лабораторные) и аналитические (теоретические). В свою очередь классы подразделяются на группы (визуальные, маркшейдерские, механические,

геофизические и др.) и далее на виды. Совершенный уровень исследования физических свойств горных пород должен характеризоваться синергетическими методами (теориями), которые сегодня включают в себя термодинамические, энергетические и энтропийные виды. Синергетические методы могут исследовать процессы энергетического обмена в минеральной среде и закономерные преобразования одних видов энергии в другие, изучение свойств взаимодействующих открытых систем путем анализа условий и количественных соотношений, возникающих с превращением энергии, что говорят о необходимости разработки синергетических методов исследования [10].

Проведенными исследованиями не установлено также точное количество, размеры и форму энергетических зон, выявить синусоидально затухающие напряжения и кольцевые области деформации с помощью широко применяемых промышленных методов исследования. Это подтверждает научную проблему, ранее не имевшую методов решения, способных исследовать явление зонального структурирования массива вокруг горных выработок.

Таким образом, предложено усовершенствовать классификацию методов исследования напряженно-деформированного состояния горных пород в соответствии с совершенным уровнем исследования физических свойств горных пород, который характеризоваться синергетическими гипотезами, теориями и методами.

Выводы

1. Доказано, что изменение глубины разрушения контуров очистных камер реализуется в основном по степенным зависимостям, а примыкающих к ним подготовительным выработкам в большей степени – по экспоненциальным. По 36-ти подготовительным выработкам и 25-ти очистным камерам, расположенным в интервале глубин 507-1008 м, было установлено эллипсоидную форму областей деформации массива.

2. Установлено, что на контуре выработок радиальные напряжения приближаются к нулю, а тангенциальные имеют максимальные значения, которые без адекватного критерия прочности далее не могут быть исследованы. Выявленное отношение вертикальных и горизонтальных полуосей в зоне № 1 составляет для подготовительной выработки 1,75 и 1,50; в зоне № 2-5,20 и 4,0; в зоне № 3 – 23,75 и 20,0 соответственно, а для очистной в зоне № 1 – 1,30 и 3,25.

3. Показано, что по мере приближения к обнажению массива выработкой радиальные и тангенциальные напряжения увеличиваются, а на ее контуре приобретают максимальные значения. Отношение вертикальных и горизонтальных полуосей зоны

№ 1 составляет для подготовительной выработки 2,05 и 1,90, а для очистной – 1,78 и 3,45. Главным недостатком метода является отсутствие возможности определения состояния массива за пределами зоны № 1 (зоны разгрузки напряжений). ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Цариковский В., Сиротюк С. Системы разработки крутопадающих залежей с самообрушением рудного массива // Гірничий вісник КНУ. 2013. - № 97. - С. 65 - 68.
2. Khomenko, O., Kononenko, M., Netecha, M. Industrial research into massif zonal fragmentation around mine workings // Mining of Mineral Deposits, 2016. - 10 (1). P. 50 - 56.
3. Kuz'menko, A., Furman, A., & Usaty, V. Perfection of systems of working out of deposits of iron ores of deposits with a hardening bookmark on the big depths // New Techniques And Technologies In Mining, 2010, - 131 - 136.
4. Андреев Б.Н., Письменный С.В., Андреев Н.Б., Письменный И.А., Сергиенко С.Е., Калапуц И.Г., Ваховский А.И. Технические решения по строительству и эксплуатации подземного рудника в условиях Анновского карьера ОАО «СевГОК» // Разработка рудных месторождений. 2006. - Вып. 88. - С. 66 - 72.
5. Ступник Н.И., Фельдо М.Б., Письменный С.В., Колосов В.А. Разработка рекомендаций по выбору типа крепления горных выработок и их сопротивления в условиях урановых шахт ГП «ВостГОК», Науковий вісник НГУ, 2014. - № 5 - С. 21 - 25.
6. Хоменко О.Е. Кононенко М.М. Натурні дослідження поведінки масиву гірських порід навколо первинних очисних камер // Науковий вісник НГУ, 2010. - № 9 - 10. - С. 21 - 24.
7. Ступник Н.И. Опыт повышения эффективности камерных систем разработки в Кривбассе / Н.И. Ступник, В.В. Цариковский, Вал.В. Цариковский, Е.И. Яценко // Разработка рудных месторождений. 2011. - № 94. - С. 17 - 20.
8. Russkikh, V., Yavors'kyy, A., Chistyakov, Y., & Zubko, S. Study of rock geomechanical processes while mining two-level interchamber pillars. // Mining Of Mineral Deposits, 2013, P. 149 - 153.
9. Русских В.В., Лапко В.В., Зубко С.А. Развитие технологии добычи и принятия новых технологических решений при отработке рудных залежей в сложных горно-геологических условиях Южно-Белозерского месторождения. // Науковий вісник НГУ, 2012 - № 5. - С. 34 - 38.
10. Хоменко О.Е. Геоэнергетика подземной разработки рудных месторождений: монография. - Д.: НГУ, 2016. - 242 с.
11. Добыча и переработка урановых руд в Украине/ М.И. Бабак, Ю.И. Кошик, В.Н. Пухальский и др.; под общ. ред. А.П. Чернова. - Киев: АДЕФ-Украина, 2001. - 238 с.
12. Ляшенко В.И., Пухальский В.Н. Обоснование безопасных параметров камер при подземной разработке приповерхностных запасов месторождения под охраняемыми объектами//Известия вузов. Горный журнал. -2015. -№ 3 -С.37-49.
13. Ляшенко В.И.Повышение сейсмической безопасности при подземной разработке приповерхностных запасов месторождения под городской застройкой// Безопасность труда в промышленности. - 2015. - № 9. - С. 38-42.
14. Ляшенко В.И.Развитие геомеханического мониторинга свойств и состояния массива горных пород при подземной разработке месторождений сложной структуры // Маркшейдерский вестник. -2016. -№ 1. -С.35-43.
15. Ляшенко В.И., Пухальский В.Н. Повышение безопасности подземной разработки приповерхностных запасов месторождений сложной структуры// Безопасность труда в промышленности. - 2016. - № 2. - С. 36-41.
16. Ляшенко В.И. Приборно-методическое обеспечение геомеханической безопасности подземных горных работ//Маркшейдерия и Недропользование. -2016. -№ 5. -С.18-30



VEGA DM-180

ЛАЗЕРНЫЙ ДАЛЬНОМЕР



ФУНКЦИИ:

- ТАЙМЕР
- НЕПРЕРЫВНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ (ФУНКЦИЯ MIN/MAX)
- СЛОЖЕНИЕ/ВЫЧИТАНИЕ
- ПЛОЩАДЬ/ОБЪЕМ
- ПОДСВЕТКА ДИСПЛЕЯ (ВКЛЮЧАЕТСЯ АВТОМАТИЧЕСКИ)
- ПОЗИЦИОННАЯ СКОБА
- ЗВУКОВОЙ СИГНАЛ
- ДАТЧИК УГЛА НАКЛОНА 60 ГРАДУСОВ
- ПАМЯТЬ (19 ИЗМЕРЕНИЙ)
- ВЫЧИСЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКА УГЛА НАКЛОНА
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ПО НАКЛОННЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКА УГЛА НАКЛОНА



КОМПЛЕКТАЦИЯ:
 ЛАЗЕРНЫЙ ДАЛЬНОМЕР VEGA DM-180, ЧЕХОЛ, ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО (MICROUSB), ИНСТРУКЦИЯ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ.

ООО "Геомар Недра", 127521, Москва, 17-й проезд Марьиной рощи, д.9
Тел./факс (495) 618-7001, 618-6207, e-mail: geomarnedra@mail.ru