

УДК 622.831.24

© О.Е. Хоменко, М.Н. Кононенко, В.И. Ляшенко, 2018

# Повышение безопасности горно-подготовительных работ на рудных шахтах



**О.Е. Хоменко,**  
д-р техн. наук,  
проф.



**М.Н. Кононенко,**  
канд. техн. наук,  
доцент



**В.И. Ляшенко,**  
канд. техн. наук,  
ст. науч. сотрудник,  
vilyashenko2017@gmail.com

НТУ «Днепровская политехника»,  
Днепр, Украина

ГП «УкрНИПИИ-  
промтехнологии»,  
Желтые Воды, Украина

Приведены основные научные и практические результаты повышения безопасности горно-подготовительных работ на рудных шахтах с учетом геоэнергии подземной разработки рудных месторождений путем раскрытия физической сущности феномена зонального капсулирования горных выработок. Выполнен анализ способа подготовки запасов железных руд. Показана эффективность рационализации горно-подготовительных работ на комбинате.

**Ключевые слова:** крепость пород, горное давление, безопасность, горно-подготовительные выработки, рудные шахты, эффективность работ.

DOI: 10.24000/0409-2961-2018-5-53-59

## Введение

Частное акционерное общество «Запорожский железорудный комбинат» (далее — ЧАО «Запорожский ЖРК») более 50 лет работает на базе Южно-Белозерского месторождения и использует вариант этажно-камерной системы разработки с заполнением выработанного пространства твердеющими смесями. Сущность данной системы разработки заключается в том, что отработка этажа вкрест простирания осуществляется с помощью первичных и вторичных очистных камер. Для выполнения подготовительных нарезных работ в пределах каждого очистного блока, который включает первичную и вторичную камеры, проводят в породах висячего и лежащего боков залежи по 10 полевых штреков общей длиной до 300 м. Недостаток используемого способа подготовки очистных блоков — отсутствие научного обоснования мест заложения этажных и подэтажных полевых штреков. На практике их места определяют, опираясь на производственный опыт. В целях достижения технологических удобств их располагают вблизи очистных камер и восстающих выработок, что способствует уменьшению длины буровых ортов и сбоек различного назначения. Такой подход повлек за собой необходимость частичного перекрепления полевых штреков, а часто и проведения новых выработок — обгонных штреков. В настоящее время заложение подэтажных выработок по отношению к очистным камерам не регламентируется официально действующими инструкциями для данного месторождения. В результате этого при производстве очистных работ в подэтажных штреках, заложенных по центру обрабатываемого этажа, наблюдаются вывалы пород и разрушения крепи выработок. Возникает опасность

травмирования рабочих и выведения из строя оборудования, ухудшения движения воздушной струи и пр. При этом снижаются уровень природо- и ресурсосбережения, также безопасность проведения горных работ в целом [1, 2]. Поэтому повышение безопасности горно-подготовительных работ на рудных шахтах с учетом раскрытия сущности зонального структурирования массива вокруг выработок, описания процессов и закономерностей этого явления, обоснования принципов управления природными факторами, их эффективного использования в геоэнергетических технологиях представляет важную научную, практическую и социальную задачу [3, 5].

## Теория, методы исследования и принятые термины

Авторами выполнены исследования в области повышения безопасности подземной разработки сложноструктурных месторождений на основе данных оперативного контроля и прогноза напряженного состояния горного массива с различными формами динамического проявления горного давления. Проанализированы физические свойства горных пород и новые гипотезы о горном давлении 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, способов крепления и соответствующих типов крепи. Проведены шахтные, лабораторные и экспериментальные исследования, математическое и физическое моделирование, а также теоретический анализ и обобщение результатов исследований по стандартным и новым методикам [4]. При этом

использована следующая трактовка устойчивости горных пород — способность массива пород не разрушаться и сохранять равновесие при образовании обнажений. Устойчивость руд и пород оказывает решающее влияние на выбор технологии добычи и способа поддержания очистного пространства при выемке полезного ископаемого. При оценке устойчивости пользуются величиной либо допустимого пролета незакрепленного обнажения (в протяженных горных выработках), либо площади обнажения (в камерных выработках, когда размеры обнажения в двух взаимно перпендикулярных измерениях отличаются не более чем в 2–4 раза). Существенное значение имеют также длительность стояния обнажения и соответствующее данной устойчивости технологическое решение по управлению горным давлением.

### Обсуждение и оценка полученных результатов

Разведанные запасы рудных месторождений на Украине значительные, однако объемы добычи железных, урановых и марганцевых руд не превышают 6 % мировых. Кроме того, низкий уровень технологий разработки рудных месторождений существенно снижает конкурентоспособность отечественной горнодобывающей промышленности на внутренних и внешних рынках. В последние годы в ЧАО «Запорожский ЖРК» наметилась устойчивая тенденция повышения объемов добычи, главным образом благодаря масштабному использованию высокопроизводительного самоходного оборудования. При достаточном объеме балансовых запасов вскрытие и подготовка нижележащих этажей должны проводиться в соответствии с календарными планами. Использование дорогостоящей импортной техники в выработках с низким уровнем устойчивости и, соответственно, безопасности, а также с сетью обгонных выработок негативно влияет на плановость и эффективность эксплуатации месторождения.

Разработка технологических решений по определению рациональных траекторий заложения подготовительных штреков имеет и обратное решение, которое подразумевает обоснование рациональных способов крепления выработок без изменения проектных траекторий их заложения. В обоих случаях это позволит увеличить безопасный и безремонтный срок службы полевых штреков. Однако предварительные расчеты показали, что крепление отдельных участков штреков сопряжено с разработкой большого числа паспортов, обусловленных значительными изменениями размеров и форм очистных камер, что является более затратным, чем определение рациональных мест заложения выработок [2].

### Классификация методов исследования состояния горных пород

Разработка месторождений в разнообразных условиях залегания, при разных свойствах руд и пород характеризуется растрескиванием, рассла-

иванием, заколообразованием, обрушением, удароопасностью и другими формами проявления энергии горного давления. Анализ горнотехнических и геодинамических условий разработки рудных месторождений Украины показал, что динамические проявления горного давления указывают на высокую обеспеченность упругой потенциальной энергией горных пород отечественных рудных месторождений. Процессы накопления напряжений в массиве и разрушения горных пород, возникающие при отработке месторождений, изучаются разными методами. В основу большинства применяемых методов исследований положен принцип зависимостей различных свойств горных пород с их напряженно-деформированным состоянием под воздействием естественных и искусственных энергетических полей в массиве. Несмотря на многообразие применяемых методов и средств диагностики, 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. Используя признак «способ представления массива», усовершенствовали существующую классификацию методов исследования напряженно-деформированного состояния горных пород (табл. 1).

Авторами выполнены исследования по определению влияния очистного пространства на выбор способа крепления нарезных выработок. Решение этой задачи реализовано для условий шахты «Эксплуатационная» ЧАО «Запорожский ЖРК». Разработана комбинированная крепь подэтажных буровых ортов, которая учитывает напряженно-деформированное состояние массива на момент достижения камерами проектных размеров. Это способствует безопасному ведению закладочных работ и экономии средств на нарезные работы до 45 %.

В настоящее время выполнен весь объем теоретических исследований, которые реализованы с помощью энергетического метода. Разработана расчетная схема исследования термодинамических процессов, протекающих в окрестности первичных и вторичных очистных камер. По расчетным данным построены поля радиальных напряжений, распространяющихся вокруг очистных камер, и определены области интенсивного деформирования, показывающие, что подготовительные штреки располагаются в массиве, характеризующемся различными значениями напряжений и деформаций. Это свидетельствует о необходимости разработки и применения новых паспортов крепления для каждой из подготовительных выработок либо групп выработок, закладываемых в равнонапряженных местах массива. Далее с помощью метода эквивалентных материалов проводились поста-

Таблица 1

Класс	Группа	Вид	
I. Натурные (промышленные)	Визуальные	Наблюдения и оценки	
	Маркшейдерские	Маркшейдерские съемки	
	Механические	Разгрузки массива	
		Компенсационные нагрузки	
		Разности давлений	
		Упругие включения	
		Деформации скважин	
	Геофизические	Акустические	
		Ультразвуковые	
		Радиометрические	
Электрометрические			
II. Физические (лабораторные)	Исследования свойств пород	Плотностные	
		Механические	
	Эквивалентные материалы	Моделирование на прессах	
		Центробежное моделирование	
	Оптико-поляризационные	Моделирование на прессах	
		Центробежное моделирование	
	Электродинамические аналоги	Объемная фотоупругость	
		Электрические сетки	
	III. Аналитические (теоретические)	Механики горных пород	Электропроводные материалы
			Сплошной среды
Упругости			
Пластичности			
Ползучести			
Граничных разностей			
Синергетические		Граничных элементов	
		Конечных элементов	
		Энтропийные	
		Термодинамические	
		Энергетические	

Сравнение результатов выполнялось по величинам деформаций массива на моделях и данным, полученным расчетным путем. Аналитические (теоретические) и физические (лабораторные) исследования сопоставлены с данными производственной информации, которые опирались на изменение контуров очистных камер до и после отработки запасов. Максимальное расхождение результатов по трем видам исследований не превысило 13 % (сходимость 87 %). В результате проведения теоретических, лабораторных и промышленных исследований разработана методика расчета рациональных параметров подготовки добычных блоков на шахте «Проходческая» ЧАО «Запорожский ЖРК». Сущность методики состоит в том, что заложение подготовительных выработок рационально выполнять в местах со сходной или максимально пониженной энергонасыщенностью пород. Заложение выработок по границам линий, оконтуривающих энергетические зоны, дает возможность проводить их без крепления. При этом на трассы заложения выработок всякого бока влияют первичные камеры, а выработок лежачего бока — вторичные (рис. 1) [4].

Связанные с деформациями упругие напряжения являются потенциальными, поскольку работа, которую они могут выполнить, зависит от величины обратимой деформации, воз-



▲ Рис. 1. Результаты теоретических (а), лабораторных (б) и промышленных (в) исследований эффективности способа подготовки блоков на шахтах ЧАО «Запорожский ЖРК»

▲ Fig. 1. The results of theoretical (a), laboratory (b) and industrial (c) studies of the efficiency of the method of blocks preparation at the mines of ChaO Zaporozhsky ZhRK

новочные лабораторные эксперименты, которые подтвердили результаты теоретических исследований [3].

никающей при частичном или полном снятии внешней нагрузки. В результате приращений потенциальной энергии в горных породах Укра-

инского кристаллического шита только ее часть участвует в процессах деформирования. Возрастающее вертикальное давление до 91 МПа на глубине до 3 тыс. м приводит к перераспределению потенциальной энергии в массиве, которая составляет для вертикальных упругих потенциальных напряжений 57 % и горизонтальных — 95 % (табл. 2).

где  $\lambda$  — коэффициент формы энергетической зоны, МПа,

$$\lambda = \Delta\sigma_{z(y)}/\Delta\sigma_{x(y)}, \quad (5)$$

где  $\Delta\sigma_{z(y)}$ ,  $\Delta\sigma_{x(y)}$ , а также  $\Delta\sigma_{y(y)}$  — упругие потенциальные напряжения (рис. 2, здесь 1 — горизонтальные

Таблица 2

Глубина, м	Давление, МПа	Фактические внешние напряжения, МПа		Радиус круга внутренних напряжений, м	Упругие потенциальные напряжения, МПа	
		Вертикальные	Горизонтальные		Горизонтальные	Вертикальные
500	15	7,72	15	7,72	7,72	7,35
1000	30	15,64	30	15,64	15,64	14,33
1500	45	24,08	45	24,08	24,08	20,92
2000	60	32,80	60	32,80	32,80	27,02
2500	76	42,24	76	42,24	42,24	32,64
3000	91	52,25	91	52,25	52,25	37,53

### Методика определения рациональных трасс заложения горно-подготовительных выработок

Она включает следующие этапы.

1. Радиальное напряжение  $\sigma_p$ , МПа, для массива пород висячего или лежачего боков залежи определяют в расчетных точках траектории заложения выработки из выражения

$$\sigma_p = (0,042\gamma x - 0,004x) \cdot 0,124e^{0,002Hx} \times 15,07\alpha^{-0,667} - 0,0002\beta^2 + 0,05\beta - 2,92, \quad (1)$$

где  $\gamma$  — объемная масса горных пород, изменяющаяся от 0,2 до 0,4 МН/м<sup>3</sup>;  $x$  — расстояние по нормали от обнажения массива камерой до расчетной точки на траектории проведения подготовительной выработки, изменяющееся от 0 до 500 м;  $H$  — глубина заложения очистной камеры, изменяющаяся от 0 до 1600 м;  $\alpha$  — угол падения залежи, градус;  $\beta$  — угол между напряжением  $\sigma_p$  и плоскостью горизонта, градус [5].

2. Размер вертикальной полуоси  $a$  приконтурной зоны дисбаланса энергии, определяемый для очистных камер по очередности отработки, м

$$a = \frac{10\sigma_p + 0,5m\gamma \sin \alpha}{\gamma (\cos^2 \psi + \sin^2 \psi \operatorname{tg} \psi) (\alpha + \theta)}, \quad (2)$$

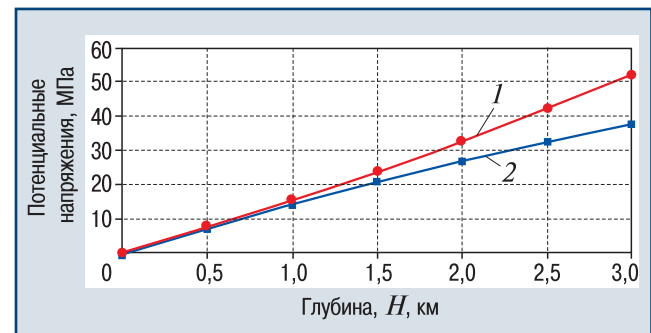
где  $m$  — горизонтальная мощность залежи, м;  $\theta$  — угол, образованный между нормальным напряжением и горизонтальной плоскостью, градус,

$$\theta = \pi/2 - \psi, \quad (3)$$

где  $\psi$  — угол между главным нормальным напряжением и вертикальной плоскостью, градус,

$$\psi = \operatorname{arctg} \lambda, \quad (4)$$

напряжения; 2 — вертикальные напряжения) [6]. В работе [6] показана зависимость изменения упругих потенциальных главных напряжений, действующих в ненарушенном массиве горных пород Украинского кристаллического шита вида:  $y = \pm ax^2 + bx - c$ , где  $y$  — главные потенциальные напряжения, МПа;  $x$  — глубина разработки, м;  $a, b, c$  — коэффициенты, зависящие от физических свойств горного массива.



▲ Рис. 2. Зависимости изменения упругих потенциальных главных напряжений, действующих в ненарушенном массиве горных пород

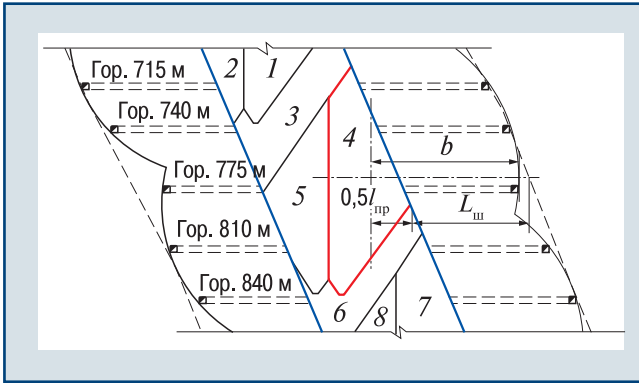
▲ Fig. 2. Dependences of changing the elastic potential principal stresses acting in the undisturbed array of rocks

3. Определяем размеры горизонтальной полуоси приконтурной к выработке энергетической зоны  $b$  с использованием коэффициента  $\lambda$  и вертикальной полуоси энергетической зоны  $a$ , м [6, 7]

$$b = a\lambda. \quad (6)$$

Для определения траекторий заложения подэтажных и этажных штреков с достаточно высокой точностью желательнее использование графоаналитического метода, который после расчета горизонтальной полуоси приконтурной энергетической зоны  $b$  позволяет найти пересечения границ приконтурных энергетических зон с плоскостями под-

этажных и этажных горизонтов. Эти точки и будут внешней границей проведения нарезных и подготовительных выработок (рис. 3, здесь 1–8 — порядок отработки очистных камер; сплошные полуэллиптические линии  $b$  получены графоаналитическим методом, а пунктирные ломаные — аналитическим методом определения расстояния заложения штреков от рудной залежи  $L_{шт}$ ).



▲ Рис. 3. Технологическая схема заложения трасс этажных и подэтажных штреков по отношению к залежи  
▲ Fig. 3. Technological scheme of laying routes of level and sublevel drifts in relation to the deposit

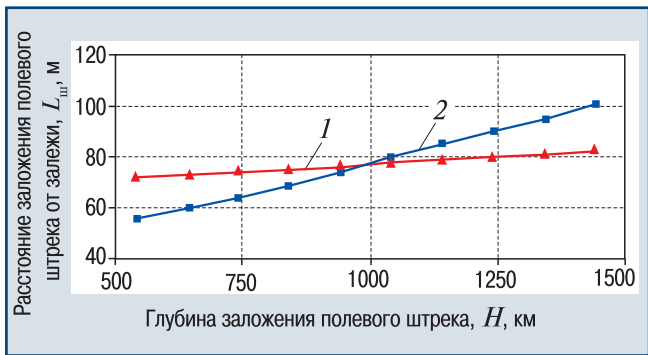
Также возможно определение места заложения выработок аналитическим методом, который более точен по причине учета общей закономерности образования приконтурных энергетических зон, а не для каждой очистной камеры в отдельности, как предлагалось выше. Зависимость определения расстояния заложения штреков  $L_{шт}$ , м, от рудной залежи имеет вид

$$L_{шт} = b - 0,5l_{пр}, \quad (7)$$

где  $l_{пр}$  — горизонтальный пролет очистной камеры, м.

В результате моделирования изменяющегося энергетического состояния горных пород, выражающегося через глубину заложения очистных камер, их геометрических размеров и формы определены ориентировочные трассы заложения этажных и подэтажных штреков по отношению к залежи, позволяющие проводить нарезные и подготовительные выработки без применения крепления (рис. 4, здесь 1 — в порогах лежачего бока залежи; 2 — в порогах висячего бока залежи).

Учет влияния первичных очистных камер на крепление нарезных выработок позволяет повысить безопасность труда и снизить затраты на поддержание буровых ортов при добыче руды в этаже 640–740 м на шахте «Эксплуатационная» ЧАО «Запорожский ЖРК» за счет снижения себестоимости крепления до 35 %. Эффективность предлагаемого технологического решения сохранится как при проведении подготовительных (штреков, ортов, восстающих),



▲ Рис. 4. Зависимость расстояний заложения этажных и подэтажных штреков от рудной залежи  
▲ Fig. 4. Dependence of the distances of locating level and sublevel drifts from ore deposit

так и нарезных (ходовых, буровых, вентиляционных штреков и ортов) выработок в породах висячего и лежачего боков залежи «Главная».

Экономическая эффективность от применения предлагаемого способа подготовки запасов для одного горизонта складывается из следующих статей: прямая экономия средств от безремонтного поддержания выработок без применения крепей (30 % общих затрат на проведение); отсутствие необходимости проведения обгонных штреков (20 %); исключение затрат, связанных с несчастными случаями, нарушением графика организации работ, ремонтом и простоем оборудования, выплатами при потере трудоспособности рабочих и т.д. [8].

Устойчивая форма и новое крепление выработки позволяют сэкономить на 1 м проходки на глубине до 350 м — 1401 грн., до 700 м — 880 грн., до 1000 м — 641 грн., до 1600 м — 1160 грн. и до 3000 м — 2029 грн. Среднее расчетное значение, соответствующее глубине 1000 м, на которой осуществляется подготовка блоков на комбинате, — это горизонт 940 м. Экономия средств от отсутствия необходимости крепления выработок составляет 137,34 грн. на м. Суммарная экономия средств от применения двух технологических решений составляет 778,34 грн. на м, а максимальное значение прибыли — 2166,34 грн. на м для глубины 3000 м. Внедрение обоих технологических решений по определению устойчивой формы поперечного сечения и трасс заложения подготовительных выработок на шахтах ЧАО «Запорожский ЖРК» позволяет экономить 30 % средств на проведении 1 м выработки (без учета затрат на проведение обгонных выработок, ликвидацию аварий, восстановление оборудования и выплат рабочим при несчастных случаях) [9].

#### Перспективные направления исследований

Выполненные исследования явления зонального структурирования массива вокруг горных выработок с помощью широко применяемых промышленных, лабораторных и теоретических методов исследования не позволили установить точное число, размеры

и форму энергетических зон, выявить синусоидально затухающие напряжения и кольцевые области деформации. Это свидетельствует о научной проблеме, ранее не имевшей методов решения. Усовершенствование существующего энтропийного метода как части термодинамической теории и создание нового — энергетического — позволят исследовать указанные процессы и закономерности, формирующие и управляющие зональным капсулированием горных выработок. Таким образом, усовершенствованный способ подготовки очистных блоков за счет определения рациональных трасс заложения полевых штреков повышает технику безопасности и обеспечивает природо- и ресурсосбережение горных работ [10–12].

## Выводы

1. Получена эмпирическая зависимость параболического вида изменения величины изменения упругих потенциальных главных напряжений, которые действуют в ненарушенном массиве горных пород Украинского кристаллического щита степенного вида.

2. Разработана методика определения трасс заложения подготовительных штреков, которая позволяет определить рациональные места заложения выработок как в породах лежачего, так и всячего боков залежи. При недостаточности изменения трасс заложения штреков существует и дополнительное решение для сохранения устойчивости — определение надежной формы выработки по разработанным расширенной и экспресс-методикам.

3. Показано, что внедрение технологического решения по определению мест заложения подготовительных выработок на шахтах ЧАО «Запорожский ЖРК» позволяет сэкономить до 30 % затрат на проведение 1 м выработки (без учета затрат на проведение обгонных выработок, ликвидацию аварий, восстановление оборудования и выплат по несчастным случаям).

## Список литературы

1. *Shashenko A., Gapiyev S., Solodyankin A.* Numerical simulation of the elastic-plastic state of rock mass around horizontal workings// Archives of Mining Sciences. — 2009. — № 2 (54). — P. 341–348.
2. *Potvin Y., Wesseloo J.* Towards an understanding of dynamic demand on ground support// Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. — 2013. — Vol. 113. — № 12. — P. 913–922.
3. *Study of rock geomechanical processes while mining two-level interchamber pillars/ V. Russkikh, A. Yavorsky, Y. Chistyakov, S. Zubko// Mining of Mineral Deposits. — 2013. — P. 149–153.*
4. *Petlovanyi M.* Influence of configuration chambers on the formation of stress in multi-modulus mass// Mining of Mineral Deposits. — 2016. — Vol. 10. — Iss. 2. — P. 48–54.
5. *Determination of the displacements of rock mass nearby the dismantling chamber under effect of plow long wall/*

*O. Sdvyzhkova, D. Babets, K. Kravchenko, A. Smirnov// Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. — 2016. — № 2. — P. 34–42.*

6. *Лавриненко В.Ф., Лысак В.И.* Физические процессы в массиве пород при нарушении равновесия// Известия вузов. Горный журнал. — 1993. — № 1. — С. 1–6.

7. *Чистяков Е.П.* Совершенствование способов поддержания подземных горных выработок шахт Криворожского бассейна// Вісник Криворізького технічного університету. — 2006. — № 13. — С. 16–20.

8. *Кайдо И.И.* О природе явления зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок (гипотеза)// Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2009. — № 1. — С. 16–21.

9. *Еременко В.А., Есина Е.Н., Семенякин Е.Н.* Технология оперативного мониторинга напряженно-деформированного состояния разрабатываемого массива горных пород// Горный журнал. — 2015. — № 8. — С. 42–47.

10. *Хоменко О.Е., Ляшенко В.И.* Развитие методологии геоэнергетического мониторинга при подземной разработке рудных месторождений// Маркшейдерия и недропользование. — 2017. — № 5. — С. 33–40.

11. *Хоменко О.Е., Ляшенко В.И.* Повышение безопасности добычи руд на основе использования геоэнергии// Безопасность труда в промышленности. — 2017. — № 7. — С. 18–24.

12. *Хоменко О.Е., Ляшенко В.И.* Геоэнергетические основы подземной разработки рудных месторождений// Известия вузов. Горный журнал. — 2017. — № 8. — С. 10–18.

**vilyashenko2017@gmail.com**

*Материал поступил в редакцию 26 марта 2018 г.*

«Bezopasnost Truda v Promyshlennosti»/ «Occupational Safety in Industry», 2018, № 5, pp. 53–59.  
DOI: 10.24000/0409-2961-2018-5-53-59

**Safety Improving of Mine Preparation Works at the Ore Mines**

**O.E. Khomenko**, Dr. Sci. (Eng.), Prof.

**M.N. Kononenko**, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor  
**National Technical University «Dneprovskaya Politehnika»**,  
**Dnepr, Ukraine**

**V.I. Lyashenko**, Cand. Sci. (Eng.), Senior Research Assistant, vilyashenko2017@gmail.com

**GP «UkrNIPHPromtekhologii»**, Zheltuye Vody, Ukraine

## Abstract

Main scientific and practical results of safety improving of mine preparation works at the ore mines are given taking into account the geoenergy of the underground mining of ore deposits by revealing the physical essence of the phenomenon of mine workings zonal encapsulation. Analysis of the method of preparation of iron ore reserves was carried out. The results of analytical, laboratory and industrial studies of the stability of chambers and mine preparation workings of the level-chamber mining filling system are presented, and the methodology for calculating the rational parameters for the preparation of production blocks at

Prokhodcheskaya mine of ChAO Zaporozhsky ZhRK is developed. The essence of the methodology is that the backfill of the preparation workings should be rationally performed in places with similar or maximally reduced energy-saturated rocks. The extended and express methods for identifying the distance of drifts location from the ore deposits were developed, and these values were determined for the depths of 500–1500 m. Classification of methods is proposed related to studying the stressed-deformed state of rocks taking into account the effect of natural and artificial energy fields in the array. The efficiency of rationalization of mine preparation works at the plant is shown.

**Key words:** rock strength, rock pressure, safety, mine preparation workings, ore mines, work efficiency.

**References**

1. Shashenko A., Gapieiev S., Solodyankin A. Numerical simulation of the elastic-plastic state of rock mass around horizontal workings. Archives of Mining Sciences. 2009. № 2 (54). pp. 341–348.
2. Potvin Y., Wesseloo J. Towards an understanding of dynamic demand on ground support. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2013. Vol. 113. № 12. pp. 913–922.
3. Russkikh V., Yavorskiy A., Chistyakov Y., Zubko S. Study of rock geomechanical processes while mining two-level inter-chamber pillars. Mining of Mineral Deposits. 2013. pp. 149–153.
4. Petlovanyi M. Influence of configuration chambers on the formation of stress in multi-modulus mass. Mining of Mineral Deposits. 2016. Vol. 10. Iss. 2. pp. 48–54.
5. Sdvyzhkova O., Babets D., Kravchenko K., Smirnov A. Determination of the displacements of rock mass nearby the dismantling chamber under effect of plow long wall. Naukovyi Visnyk

Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu = Scientific Bulletin of National Mining University. 2016. № 2. pp. 34–42. (In Ukr.).

6. Lavrinenko V.F., Lysak V.I. Physical processes in the array of rocks in case of equilibrium disbalance. Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal = Izvestiya Vuzov. Mining Journal. 1993. № 1. pp. 1–6. (In Russ.).

7. Chistyakov E.P. Improvement of the ways of the underground mine workings support at the mines of Krivorozhsky basin. Visnik Krivorozkogo tekhnichnogo universitetu = News of Krivorozhsky Technological University. 2006. № 13. pp. 16–20. (In Ukr.).

8. Kaydo I.I. On the nature of the phenomenon of zonal disintegration of rocks around the underground workings (hypothesis). Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten = Mining Information-Analytical Bulletin. 2009. № 1. pp. 16–21. (In Russ.).

9. Eremenko V.A., Esina E.N., Semenyakin E.N. Technology of operational monitoring of the stressed-deformed state of the developed array of rocks. Gornyy zhurnal = Mining Journal. 2015. № 8. pp. 42–47. (In Russ.).

10. Khomenko O.E., Lyashenko V.I. Development of geoenergetic monitoring methodology for underground mining of ore deposits. Marksheyderiya i nedropolzovanie = Mine Survey and Subsoil Use. 2017. № 5. pp. 33–40. (In Russ.).

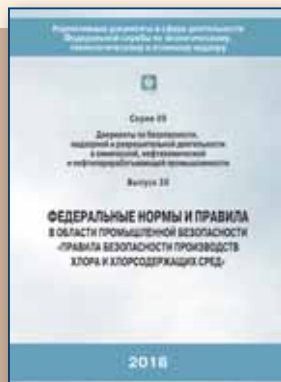
11. Khomenko O.E., Lyashenko V.I. Safety improving of ore mining based on geoenergy use. Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry. 2017. № 7. pp. 18–24. (In Russ.).

12. Khomenko O.E., Lyashenko V.I. Geoenergetic fundamentals of ore deposits underground mining. Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal = Izvestiya Vuzov. Mining Journal. 2017. № 8. pp. 10–18. (In Russ.).

Received March 26, 2018

**Внимание! В издательстве ЗАО НТЦ ПБ вышла новая книга**

**ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
«ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВ ХЛОРА И ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ СРЕД»**



**Серия 09 Выпуск 39**

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих средств» разработаны на основе и взамен Правил безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора (ПБ 09-594-03), утвержденных постановлением Госгортехнадзора России от 05.06.2003 № 48.

Правила разработаны коллективом специалистов Ростехнадзора и Ассоциации «РусХлор» в составе: Г.М. Селезнев, И.С. Ясинский, А.И. Перелыгин, Б.Ю. Ягуд, А.П. Абреимов, Т.А. Усова, А.В. Зайцев, Л.Н. Фесенко.

Правила устанавливают требования к безопасности технологических процессов производства, хранения, транспортирования хлора и гипохлорита натрия.

Приведены в редакции, действующей с 13.04.2018.

**Эту и другие книги и нормативные документы можно приобрести по адресу:**

Москва, Переведеновский пер., д. 13, стр. 14, а также заказать в отделе распространения по тел./факсам: +7(495) 620-47-53 (многоканальный), +7(495) 620-47-47, +7(495) 620-47-46. E-mail: ornd@safety.ru.

Реклама