

можно поставить геофизический метод регистрации параметров естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ).

3. Естественное импульсное электромагнитное поле Земли возникает в локальных естественных электрических полях, создаваемых природными электронными проводниками, фильтрационными, диффузионно сорбционными и другими происходящими в породном массива процессах.

4. Предварительные исследования, проведенные на шахтах ОАО «Марганецкий ГОК» показали, что метод ЕИЭМПЗ можно использовать для определения реального состояния горного массива прилегающего к вертикальным шахтным стволам.

*Список использованных источников*

1. Frid V., Rabinovitch A. and Bahat D. Fracture induced electromagnetic radiation /Journal of Physics D: Applied Physics J. Phys. D: Appl. Phys 36 (2003), 1620-1628.

2. Белых И.С., Довбнич М.М., Кузина Г.П. и др. Результаты применения метода наблюдения естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) для анализа состояния грунтового массива в сфере взаимодействия с подземными сооружениями / Научовий вісник НГУ. – 2004. – №9.

3. Бахова Н.И. Явления электризации горных пород при механическом нагружении / Геофизический журнал. – 2006. – № 4. – С. 121-126.

Рукопись поступила 04.10.2013 г.

УДК622.281.012.02

*Д.Е. Чистяков, старший научный сотрудник,  
Научно-исследовательский горнорудный институт ГВНЗ «КНУ»*

## **УРОВЕНЬ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА КАК ОЦЕНОЧНЫЙ КРИТЕРИЙ ВЫБОРА ТИПА КРЕПИ**

*На примере выбора способа поддержания горных выработок на шахтах Восточного горно-обогатительного комбината приведена методика определения механизма и интенсивности проявления горного давления в зависимости от уровня напряженного состояния массива, деформационной характеристики, трещиноватости и прочности пород. В зависимости от них выбирается тип крепи.*

*Ключевые слова: механизм, интенсивность, напряжение, деформация, характеристика, массив, порода, крепь.*

*На прикладі вибору способу підтримки гірничих виробок на шахтах Східного гірничо-збагачувального комбінату наведено методику визначення механізму та інтенсивності прояву гірського тиску залежно від рівня напруженого стану масиву, деформаційної характеристики, тріщинуватості і міцності порід. Залежно від них вибирається тип кріплення.*

*Ключові слова: механізм, інтенсивність, напруження, деформація, характеристика, масив, порода, кріплення.*

*On the example of choice of method of support of the mine workings on the mines of the East ore mining and processing enterprise adduced the method of determination of mechanism and intensity of display of mine pressure from depending of the level of the strained state of massif, deformation characteristic, cracking and strength of rocks. The type of timbering gets out depending on them.*

*Key words: mechanism, intensity, strain, deformation, characteristics, massif, rock, timbering.*

Шахтами Восточного горно-обогатительного комбината разрабатываются урановые месторождения метасоматического типа. Породы и руды на месторождениях представлены прочными скальными породами – гранитами, альбититами, сиенитами, коэффициент крепости которых по шкале профессора М.М. Протождяконова изменяется в пределах от 14 до 20. Для месторождений характерно чередование ненарушенного тектоникой массива с зонами разломов, что предопределяет различие механизмов и интенсивности проявления горного давления и необходимость применения различных типов крепей.

Основными влияющими на устойчивость обнажений факторами, проявляющимися в результате ведения проходческих и очистных работ, являются:

- физико-механические свойства пород (прочность, объемный вес, сцепление, пористость, влагоемкость);
- текстура и структура пород;
- трещиноватость;
- напряженное состояние массива;
- форма и размер поперечного сечения выработки.

Механизмы проявления горного давления в горных выработках предопределяются не только механическими свойствами пород (прочность, степень трещиноватости, сцепление, набухаемость), а и напряжённым состоянием нетронутого (до проведения выработки) массива, склонностью пород либо к хрупкому разрушению, либо к пластическому деформированию. При проходке выработки в приконтурном массиве возникают концентрации напряжений. В ненарушенном тектоникой массиве в стенках выработки напряжения по сравнению с нетронутым массивом возрастают в 2,0...2,8 раза, в кровле в зависимости от соотношения ширины к высоте – снижаются вплоть до появления растягивающих напряжений.

Многофакторность и сложность решения геомеханической задачи выбора способа поддержания выработок непосредственно при их проведении предопределяет её актуальность.

Действующими нормативными документами [1] предусмотрены как инструментальные, так и визуальные методы оценки устойчивости массива горных пород. Инструментальные методы оценки удароопасности массива горных пород по таким факторам, как крепость пород, сцепление, влагоемкость, трещиноватость, структура и текстура пород и т.д., требуют много времени на сбор и обработку данных и не являются оперативными.

В то же время показатель уровня напряжённого состояния массива  $\eta$ , определяемый отношением действующих в массиве максимальных напряжений к прочности пород на сжатие и определяемый зависимостью  $\eta = (K \gamma H + \sigma_T) / \sigma_{сж.}$ , является функцией перечисленных выше факторов, поскольку зависит от:

- влияния наведенного очистными работами опорного давления  $K$  (вне зоны их влияния  $K = 1,0$ , в зонах влияния в зависимости от положения относительно выработанного пространства изменяется от 0,3 в защищенных зонах до 1,6 – в зонах стационарного опорного давления);

- гравитационной  $\gamma H$  и тектонической  $\sigma_T$  компонент напряжений;
- прочности пород на сжатие  $\sigma_{сж.}$

Влияние интенсивности тектонической компоненты  $\sigma_T$  на уровень напряженного состояния массива  $\eta$  проявляется в форме нарушений на контуре выработки, определяется характером нарушений и их расположением:

- при оконтуривании выработки по сочленениям трещин блочной отдельности без признаков разрушения в углах сопряжений трещин  $\eta \leq 0,12$ , механизм проявления горного давления: заколообразование, сводообразование, вывалы по естественным поверхностям ослабления;

- шелушение в углублениях в вершинах сочленений трещин естественной отдельности -  $0,12 < \eta \leq 0,2$ ;

- локальное линзообразное расслоение структурных блоков “по живому” -  $0,2 < \eta \leq 0,3$ ;

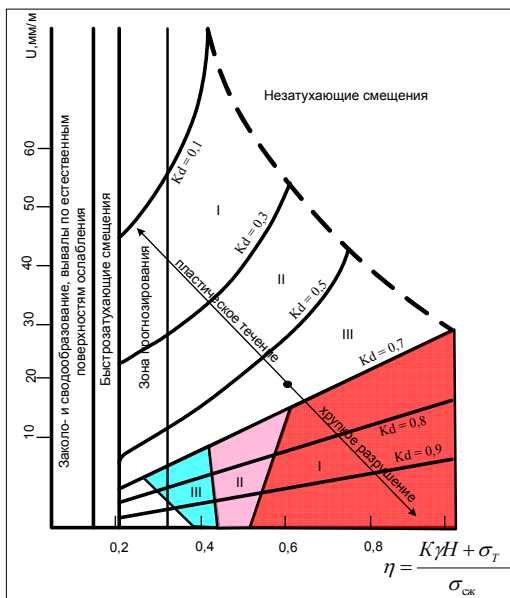
- отслоения “по живому”, “бочкование” выработок, динамическое заколообразование -  $0,3 < \eta \leq 0,5$ ;

- собственно горный удар -  $0,3 < \eta \leq 0,5$ .

Динамика проявления горного давления определяется на основании деформационной характеристики  $K_\delta$ . Вне разломов для месторождений метасоматического типа, разрабатываемых шахтами ГП «ВостГОК», деформационная характеристика  $K_\delta \geq 0,7$ , как показано на схеме прогноза рис. 1, так как вмещающие породы и зоны оруденения относятся к склонным к хрупкому разрушению ( $K_\delta$ ) характеризует отношение доли упругой деформации к полной деформации).

При  $\eta \leq 0,2$  участок месторождения относится к неудароопасным; при  $0,2 < \eta \leq 0,3$  устанавливается III категория удароопасности; при  $0,3 < \eta \leq 0,5$  – II

категория удароопасности; при  $\eta > 0,5$  – I категория удароопасности. Породы (руды) прочность  $\sigma_{сж} < 1000 \text{ кг/см}^2$  ( $10000 \text{ т/м}^2$ ) имеют деформационную характеристику  $K_d < 0,7$  и не относятся к склонным к горным ударам.



**Рис. 1. Схема к прогнозу механизмов и интенсивности проявления горного давления в зависимости от уровня напряженного состояния массива  $\eta$  и деформационной характеристики пород  $K_d$**

Использование уровня напряженного состояния массива как критерия прогноза механизма и интенсивности проявления горного давления рекомендовано нормативными документами по профилактике горных ударов [2] и выбору типов крепей [3]. Эффективность прогнозирования механизма и интенсивности проявления горного давления по уровню напряженного состояния массива подтверждена более чем тридцатилетней практикой проектирования.

Метод оценки напряжений по данным визуальных наблюдений узаконен инструкцией по горным ударам [1].

Таким образом, оптимальным оценочным критерием состояния массива горных пород для шахт ГП «ВостГОК» следует считать уровень напряженного состояния массива  $\eta$  и деформационную характеристику  $K_d$ .

В части, касающейся обеспечения безопасной эксплуатации выработок шахт ГП «ВостГОК», существовавшие до 2012 года нормативные документы позволяли определять устойчивость выработок по критериям прочности пород и руд и степени их трещиноватости. Существующие классификации пород и руд не были связаны с определением способа поддержания выработок в безопасном для эксплуатации состоянии: осуществлением выбора типа крепи и проведения мероприятий, связанных с предотвращением проявления динамических форм горного давления.

На базе перечисленных критериев разработана инструкция по определению устойчивости массива горных пород для урановых месторождений.

Последовательность действий при определении типа крепи такова:

1. Визуальное обследование состояния выработки и занесение результатов обследования в «Журнал визуальных наблюдений» на примере ситуации, показанной на рис. 2.



***Рис. 2. Шахта Новоконстантиновская, гор. -240 м.  
Сопряжение вентиляционного квершлага и орта 41+50. Оконтуривание  
выработки по естественным поверхностям ослабления, шелушения в  
углах сопряжения трещин не наблюдается, уровень напряжённого  
состояния  $\eta \leq 0,12$***

2. Определение класса устойчивости по крепости и трещиноватости пород в соответствии с положениями «Інструкції з геологічного обслуговування гірничорудних підприємств, які розробляють залізні руди підземним способом» [4].

3. Определение уровня напряженного состояния массива, механизма и интенсивности проявления горного давления.

4. Определение способа подержания выработки в безопасном для эксплуатации состоянии (выбор типа крепи и проведение, в случае необходимости, мероприятий по приведению горных выработок и участков массива горных пород в неудароопасное состояние) в соответствии с классом устойчивости и уровнем напряженного состояния согласно положениям «Інструкції по определению устойчивости горных пород при прохождении горных выработок в условиях урановых месторождений, разрабатываемых ГП «ВостГОК» [5].

Содержание мероприятий, направленных на приведение горных выработок и участков массива горных пород в неудароопасное состояние осуществляется согласно п.п. 30...37 «Інструкції по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях (объектах строительства подземных сооружений), склонных к горным ударам» [1].

Для определения типа крепи по уровню напряженного состояния, трещиноватости и прочности пород необходимы справочные данные, приведенные в табл. 1...5.

Таблица 1

Расчетная прочность пород на сжатие в зависимости от крепости пород  $f$

Крепость пород по шкале проф. Протоdjяконова $f$	Расчетная прочность пород на сжатие, $\sigma_{сж}$ Т/М <sup>2</sup>	Крепость пород по шкале проф. Протоdjяконова $f$	Расчетная прочность пород на сжатие, $\sigma_{сж}$ Т/М <sup>2</sup>
2	2000	12	14820
3	3000	13	16650
4	4000	14	18450
5	5000	15	20310
6	6000	16	22200
7	7000	17	22200
8	8250	18	26040
9	9830	19	28020
10	11460	20	30000
11	13140		

Таблица 2

Степень трещиноватости массива в зависимости от количества трещин на 1 погонный метр обнажения

Количество трещин расслоения на 1 п.м. обнажения	Степень трещиноватости массива
2 -5	Низкая
7- 15	Средняя
Более 15	Высокая

Рассмотрим способ определения типа крепи на примере Новокоптяновской шахты, разрабатывающей Новокоптяновское месторождение.

Определим класс устойчивости пород, уровень напряженного состояния массива и тип крепления выработки в месте сопряжения вентиляционного квершлага и орта 41 +50 на горизонте -240м шахты Новокоптяновская.

Определение класса устойчивости пород осуществляется по данным «Журнала визуальных наблюдений выработок» [5].

*Шаг 1.* Определение класса устойчивости

По крепости пород и трещиноватости согласно справочным данным (табл. 1 и 2):

- крепость пород – 17 по шкале Протождяконова ( $\sigma_{сж} = 24120\text{т/м}^2$ );
- трещиноватость – низкая;
- нарушений нет по всему периметру.

Согласно табл. 3 устанавливаем класс устойчивости пород: “I” – весьма устойчивые породы.

Таблица 3

Класс устойчивости пород и руд по прочности и трещиноватости

Класс устойчивости пород и руд			Группа пород и руд по устойчивости, т/м <sup>2</sup>	Породы и руды
степень трещиноватости				
низкая	средняя	высокая		
1	2	3	4	5
I	II	III	Весьма крепкие $\sigma_{сж} > 15000$	Гнейсы, ортогнейсы, граниты, мигматиты, альбититы (в т.ч. кварцевые, по гранитам и мигматитам) крепостью $f \geq 12$

1	2	3	4	5
II	III	IV	Крепкие $\sigma_{сж} = 8000-15000$	Гнейсы (в т.ч. графитовые), ортогнейсы, граниты, мигматиты, сиениты кварцевые, альбититы (в т.ч. выветрелые, кварцевые, по гранитам, мигматитам и ортогнейсам) крепостью $8 \leq f < 12$
III	IV	V	Средней крепости $\sigma_{сж} = 3000-8000$	Гнейсы (в т.ч. графитовые), граниты, мигматиты, сиениты кварцевые, альбититы (в т.ч. выветрелые, кварцевые, по гранитам и мигматитам) крепостью $f < 8$

*Шаг II.* Определение уровня напряженного состояния

По данным наблюдений нарушений нет по всему периметру.

Форма и интенсивность нарушений согласно данным, полученным в результате визуальных наблюдений – шелушение пород отсутствует, оконтуривание выработки по естественным поверхностям ослабления.

Ориентация  $\sigma_{max}$  – вертикальная (табл. 4).

Таблица 4

Визуальные признаки уровня напряжённого состояния массива и ориентация максимальных напряжений относительно выработки и уровни напряженного состояния массива

Место проявления нарушения	Форма и интенсивность нарушения	Ориентация $\sigma_{max}$	Уровень напряженного состояния массива
1	2	3	4
Нарушений нет по всему периметру	Оконтуривание выработки по естественным поверхностям ослабления	Вертикально	$\eta \leq 0,12$
В пятах свода и стенках с обеих сторон	Шелушение в углублениях в вершинах сочленений трещин естественной отдельности	Вертикально	$0,12 < \eta \leq 0,2$
	Локальные расслоения структурных блоков по “живому”		$0,2 < \eta \leq 0,3$
	Отслоения по “живому”, “бочкование” выработок. Динамическое заколообразование, выпучивание неудароопасных пород		$0,3 < \eta \leq 0,5$
	Горные удары		$\eta > 0,5$



1	2	3	4
Посередине свода	Шелушение в углублениях в вершинах сочленений трещин естественной отдельности	Горизонтально	$0,12 < \eta \leq 0,2$
	Локальные расслоения структурных блоков по “живому”		$0,2 < \eta \leq 0,3$
	Отслоения по “живому”, “бочкование” выработок. Динамическое заколообразование, выпучивание неудароопасных пород		$0,3 < \eta \leq 0,5$
	Горные удары		$\eta > 0,5$
Смещение очага нарушения от замка свода	Шелушение в углублениях в вершинах сочленений трещин естественной отдельности	По касательной к поверхности нарушения	$0,12 < \eta \leq 0,2$
	Локальные расслоения структурных блоков по “живому”		$0,2 < \eta \leq 0,3$
	Отслоения по “живому”, “бочкование” выработок Динамическое заколообразование, выпучивание неудароопасных пород		$0,3 < \eta \leq 0,5$
	Горные удары		$\eta > 0,5$

Согласно табл. 4 – по уровню напряженного состояния – ударобезопасно.

#### *Шаг III. Определение типа крепи*

Согласно табл. 5 по классу устойчивости пород (I) и уровню напряженного состояния массива ( $\eta \leq 0,12$ ) определяем тип крепления – «без крепления, за исключением сопряжений выработок»

#### **Выводы**

Предложенный метод выбора типа крепи по уровню напряжённого состояния массива горных пород в сочетании с данными геологического картирования позволяет непосредственно в горной выработке оперативно устанавливать механизм и интенсивность проявления горного давления. Возможность определения уровня напряжённого состояния массива, минуя трудоёмкие испытания механических свойств пород и аналитические расчёты устойчивости обнажений, во много раз ускоряет принятие конструктивных решений с детализацией буквально до метров. Учитывая, что коэффициент вариации горных пород не ниже 20...25%, преимущество метода в сравнении с расчётными очевидно.

Таблица 5

Выбор типа крепи в зависимости от класса устойчивости пород и гуд и уровня напряженного состояния массива п

Класс устойчивости	I	II	III	IV	V	VI
$\eta < 0,12$	Без крепления*, Набрызг-бетон**	Без крепления*, набрызг-бетон**	Набрызг-бетон, анкера, анкера и набрызг-бетон,	Анкера и набрызг-бетон, анкера+ набрызг-бетон+сетка, металлическая крепь	Металлическая крепь	Металлическая крепь, спец паспорт крепления
$0,12 < \eta \leq 0,2$	Набрызг-бетон, анкера,	Набрызг-бетон, анкера	Набрызг-бетон, анкера, анкера и набрызг-бетон,	Анкера+ набрызг-бетон+сетка, металлическая крепь	Металлическая крепь	Металлическая крепь, спец паспорт крепления
$0,2 < \eta \leq 0,3$	Набрызг-бетон, анкера, анкера+набрызг-бетон+сетка	Набрызг-бетон, анкера, анкера+набрызг-бетон+сетка	Анкера и набрызг-бетон, анкера+ набрызг-бетон+сетка	Анкера+ набрызг-бетон+сетка, металлическая крепь	Металлическая податливая крепь	Металлическая податливая крепь, спец паспорт крепления
$0,3 < \eta \leq 0,5$	Анкера+набрызг-бетон+сетка	Анкера+набрызг-бетон+сетка	Анкера+набрызг-бетон+сетка	Анкера+ набрызг-бетон+сетка, металлическая податливая крепь	Металлическая податливая крепь	Металлическая податливая крепь, спец паспорт крепления
$\eta > 0,5$	Анкера+набрызг-бетон+сетка	Анкера+набрызг-бетон+сетка	Анкера+набрызг-бетон+сетка (армокарты), металлическая податливая крепь	Анкера+ набрызг-бетон+сетка (армокарты), металлическая податливая крепь,	Металлическая податливая крепь	Металлическая податливая крепь, спец паспорт крепления

\* - Кроме спряжений выработок.

\*\* - Крепь камеральных выработок принимается согласно государственными строительными нормативным актам.

\*\*\* - Выбор типа крепи осуществляется после приведения горных выработок и участков массива горных пород в неудоропаивное состояние [1].

### *Список использованных источников*

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях (объектах строительства подземных сооружений), склонных к горным ударам. – Л.: ВНИМИ, 1989. – 59 с.
2. Указания по безопасному ведению горных работ на рудниках организации п/я Р-6214, подверженных горным ударам. – Л.: 1985. – 130 с.
3. Безопасное ведение горных работ на подверженных горным ударам месторождениях и объектах строительства подземных сооружений (Указания). – Кривой Рог: НИГРИ, 1988. – 75 с.
4. Інструкція з геологічного обслуговування гірничорудних підприємств, які розробляють залізні руди підземним способом (затверджена концерном «Укррудпром» 28.01.1998 р.). – Кривий Ріг: НДГРІ, 1997. – 88 с.
5. «Інструкція із визначення стійкості гірських порід при проходженні гірничих виробок в умовах уранових родовищ, що розробляються ДП «СхідГЗК». Затв. 14.11.2012р. – Кривий Ріг.: НДГРІ ДВНЗ «КНУ», 2012. – 28с.

Рукопись поступила 29.08.2013 г.

УДК: 622.349

*Е.К.Бабец*, канд. техн. наук, с.н.с., член-корреспондент АГНУ, директор,  
*Л.А.Штанько*, канд. техн. наук, с.н.с., зам. директора,  
*Т.Т.Седунова*, зав. лабораторией,  
*Е.Ю.Грицай*, канд. геолого-минералогических наук, зав. отделом,  
*В.О.Терещенко*, младший научный сотрудник  
*Научно-исследовательский горнорудный институт ГВУЗ «КНУ»*

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗРЫВАЕМОГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД НА ХАРАКТЕР ДЕСТРУКТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ КОЛЕБАНИЙ**

*Приведены результаты экспериментальных исследований выполненных с использованием метода наблюдений естественного импульсного электромагнитного поля земной поверхности и инструментальных сейсмонаблюдений за динамическими характеристиками горного массива*

*Ключевые слова: карьер, взрывные работы, геотектоника, сейсмические колебания, методы исследования.*

*Приведені результати експериментальних досліджень, які виконані з застосуванням метода спостережень природного імпульсного електромагнітного поля земної поверхні та інструментальних сеймоспостережень за динамічними характеристиками гірського масиву.*