

что с уменьшением диаметра скважины для нарезания щели $d_{скв.}$ угол β может увеличиваться до 150° , а при увеличении диаметра скважины может уменьшаться до 120° . Причем, с увеличением угла β , диаметр прорезаемой щели и ход поршня, подающего резец, увеличиваются. Кроме того, из таблицы видно, что формулы (2), (3) могут применяться для расчета параметров щелеобразователя, когда угол поворота головки державки β составляет величину в пределах $135-150^\circ$, а формулы (4), (7) могут применяться для расчета, когда угол β составляет величину в пределах $120-135^\circ$.

В результате теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1. В зависимости от величины угла поворота державки резца β может быть применена одна из трех предложенных методик : а) при $\beta > 135^\circ$; б) при $\beta < 135^\circ$; в) при $\beta = 135^\circ$.

2. Достоверность расчетов по формулам, полученным в результате теоретических исследований составляет 100% и подтверждена практическими расчетами, проведенными по разработанной технической документации на щелеобразователи для скважины диаметрами 45 и 93мм и прочерчиванием разработанной конструкции щелеобразователя. Выше приведен пример расчета некоторых технических показателей щелеобразователя ОЩ-45.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов, Ю.А. Управление труднообрушаемыми кровлями методом передового торпедирования / Ю.А. Семенов, М.М. Мукушев // Экспресс-информ. – ЦНИЭИуголь. – М., 1980г.
2. Кочетов, Г.Н. Гидрообработка породного массива / Г.Н. Кочетов А.Н. Осипов // Новые методы разупрочнения труднообрушаемых кровель на угольных шахтах. – М.: Недра, 1979г. – 204с.
3. Гидромикроторпедирование основной кровли / Л.М. Гусельников, В.П. Шишкин [и др.] – М.: Недра, 1979г. – 204с.
4. Леконцев, Ю.М. Применение метода направленного гидроразрыва на шахте «Березовская» / Ю.М. Леконцев, П.В. Сажин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2008. - №3. – С. 34-40.
5. Черных, С.С. Справочник по машиностроению / С.С. Черных. - Т 1. – М.: Машгиз, 1963г. – 734с.

УДК 552.12.08:622.013.3

Д-р геол. наук В.А. Баранов
(ИГТМ НАН Украины)

РЕГРЕССИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Представлены результаты исследований процессов гипергенеза в метаморфических породах Криворожского железорудного бассейна. Показано закономерное изменение пористости и прочности пород с глубиной. Установлено, что изменение условий залегания пород приводит к изменению их свойств и состояния.

REGRESSIVE PROCESSES IN MOUNTAIN BREEDS

The results of researches of processes of hypergenesis in the metamorphical breeds of the Kryvoj Rog iron-ore pool are represented. The appropriate change of porosity and durability of breeds with a depth is shown. It is set that the change of terms of bedding of breeds causes change of their properties and state.

Вторая половина XX-го века ознаменовалась значительными объемами геологических и горных работ, а также глубокого бурения в разных странах и в разных породах. Ресурсы любой страны определяют ее промышленный потен-

циал и стратегию развития, особенно энергетические ресурсы, без чего современное развитие страны невозможно. Украина входит в первую десятку стран по обеспеченности рудным, нерудным и энергетическим сырьем.

По данным государственной геологической службы [1], недра нашей республики богаты минерально-сырьевыми ресурсами (около 100 видов промышленно значимых полезных ископаемых) и она занимает достойное место в десятке наиболее богатых стран мира по геологическим запасам, ресурсам и разнообразию минерального сырья, опережая даже США.

Это, как говорится, хорошая новость, а плохая заключается в том, что нужно еще суметь правильно распорядиться этими ресурсами. В работе [2], автор наглядно демонстрирует, до чего может довести бездумное использование такого значительного потенциала, как разработка уникальной сырьевой базы железных руд наибольшего в мире Криворожского бассейна. Добыча этих руд начата с конца XIX века несколькими десятками шахт и карьеров. На современном этапе по объемам добычи указанного полезного ископаемого Украина занимает одно из ведущих мест в мире после Китая, Бразилии, России, Австралии и некоторых других. Производство чугуна и стали составляет около 4 % от мирового.

По состоянию на 2002 г общие ресурсы железных руд на Украине достигают 18 % мировых ресурсов - второе место после России. Разведанные запасы железных руд в Украине составляли 32, а подтвержденные - 28 млрд т, или 6 % мировых запасов. Преобладают в основном железистые кварциты (джеспилиты), особенно магнетитовые, с относительно невысоким содержанием железа (26 – 35 %), богатые руды (50 – 62 % железа) составляют около 7 % общих запасов железных руд Украины [3].

Криворожский бассейн представляет собой полосу железистых пород шириной от 2 до 7 км, которые протягиваются субмеридионально более чем на 100 км. Он расположен в пределах Украинского щита, в Криворожско-Кременчугской структурно-металлогенической зоне, для которой характерно развитие таких формаций как: джеспилитовая, кремнисто-сланцевая, метаандезит-базальтовая.

Джеспилитовая формации представлена богатыми железных рудами и рудами, которые нуждаются в обогащении (железистые кварциты). Среди богатых руд генетическими типами являются метаморфические руды, которые обогащены в зоне гипергенеза. К приведенному типу принадлежит около 85 % богатых руд бассейна. Джеспилиты приурочены главным образом к саксаганской свите, которая состоит из семи горизонтов железистых кварцитов и кварцито-сланцев общей мощностью до 1500 м, которые чередуются, временами сливаются и выклиниваются. Рудные тела имеют пластовую, столбовую, гнездовую, штокоподобную формы.

Железистые кварциты, содержащие 30-45 % железа, разделяются на неокисленные (магнетит, железо-слюдково-магнетитовые, силикат-магнетитовые) и окисленные (мартитовые, железо-слюдково-мартитовые, гетит-гидрогетит-мартитовые). Месторождения легкообогатимых не окисленных кварцитов приурочены к замкам и крыльям складчатых структур, к зонам поперечной дефор-

мации пород. На кварцитах развита площадная вторичная (по устаревшим данным глубиной до 100 м) и линейная первичная (глубиной до 2000-2500 м и больше) зоны окисленности.

Проблеме происхождения и условий образования докембрийских джеспилитовых формаций посвятили свои работы многие отечественные и зарубежные специалисты, но серьезно обоснованной на сегодняшний день следует считать только гипотезу о первично-осадочном происхождении железистых кварцитов из преимущественно хемогенных осадочных пород в результате последующего метаморфизма [4-7].

Детальные наблюдения показывают сложный и многообразный характер ныне наблюдаемой слоистости железистых пород. В их текстурном рисунке достаточно ясно отразились как первичные условия образования осадков, так и процессы их эпигенеза, метасоматического замещения, гипергенеза, диафтореза. Приведенные термины отражают процессы формирования и преобразования метаморфических пород под действием меняющихся термобарических условий. Актуальность данной темы состоит в том, что приведенные процессы существенно влияют на свойства и состояние руд и вмещающих их пород, не учитываемые в нужном объеме на горных предприятиях.

Анализ физико-механических свойств пород и руд на шахтах Кривбасса – Центральная, Октябрьская, Юбилейная, «им. В.И. Ленина», показал, что основные залежи характеризуются пределом прочности руд на сжатие от 30 до 180 МПа и вмещающих пород – от 40 до 210 МПа. При этом руды распределяются следующим образом: 80-100 МПа – 65 %; 30-70 МПа – 18 % и 120-180 МПа – 17 %. Висячий бок рудных залежей представлен породами прочностью 60-100 (79 %), 110-190 МПа (18 %) и 40-50 МПа (3 %). Лежачий бок залежей представлен породами прочностью 160-180 МПа (80 %), 70-150 МПа (15 %) и 190-210 МПа (5 %). Объемный вес руд изменяется от 2,65 до 3,76 Г/см³ и вмещающих пород от 1,8 до 2,8 Г/см³. Граничные пределы изменения физико-механических свойств очерчивают пределы вышеупомянутых параметров при теоретических и лабораторных исследованиях [4].

Отсюда видно, что породы лежачего блока, часто в полтора-два раза прочнее. Это может быть объяснено тектоническими подвижками пород в висячих крыльях рудных залежей, но поскольку прочность бывает ниже и в лежачих боках, логично предположить уменьшение прочности в подвижном боке, который может быть и висячим, и лежачим (табл. 1).

Выполненный анализ указал на приуроченность рыхлых, слабоустойчивых пород к торцевым частям залежей, а также к лежачим и висячим бокам залежей. Подобная ситуация, вероятнее всего, складывалась следующим образом. В джеспилитах формировались тектонически нарушенные зоны, которые кроме повышенной пористости характеризовались повышенным электрическим потенциалом, способствовавшим метасоматическому перемещению соединений железа в эти зоны [4-9]. Таким образом, формировались рудные столбы, залежи, которые в объеме отражают контур тектонически нарушенных зон.

Таблица 1 - Прочность руд и пород в висячих и лежачих боках залежей

Название залежи	Прочность в висячем боке, МПа	Прочность в лежащем боке, МПа
Залежь Восточного крыла	90	60
Залежь шахты «Октябрьская»	35	70
Залежь «Главная»	150	65
Залежь «Главная-висячая пачка»	80	150
Залежь «8П»	165	40
Залежь «8П»	170	120
Залежи на шахте «Октябрьская»	35	80
Залежь на шахте «Юбилейная»	115	70

Из приведенных результатов следует, что прочность пород и руд изменяется в очень широких пределах: от 10 до 200 и более МПа, такой широкий разброс данных требует учета в проведении дальнейших горных, взрывных и обогащательных работ.

Пористость джеспилита уменьшается с увеличением глубины его залегания. Для джеспилитов пористость в основном зависит от степени выщелачивания. Величина пористости джеспилита (она изменяется от долей до 25-30 %) оказывает влияние на механические свойства (табл. 2,3). На основе анализа пористости и крепости установлено, что прочность пород, обладающих пористостью до 10 %, зависит, в основном, от минералогического состава этих пород. В породах с пористостью от 10 до 25 % прочность зависит как от минералогического состава, так и от пористости, при повышении пористости до 30 % и выше прочность в основном зависит от пористости [10].

В таблице 3 представлены данные изменения предела прочности на сжатие в зависимости от физического состояния породы. Частично или сильно выщелоченные породы обладают минимальной прочностью, а перепад указанных значений составляет, примерно, порядок (в десять раз).

Таблица 2 - Пределы колебаний удельного, объемного веса и пористости джеспилита [4]

Название породы	Удельный вес γ , Г/см ³		Объемный вес $\gamma_{об}$, Г/см ³		Пористость $K_{пор}$, %	
	от	до	от	до	от	до
Джеспилит	3,28	3,86	2,65	3,76	0,71	25,0

Таблица 3 - Прочность джеспилитов на сжатие в зависимости от физического состояния породы [4]

Физическое состояние Джеспилитов	Количество определений	Прочность на сжатие σ , МПа	Среднее, МПа
Неизмененные	125	205 – 478	267
Окварцованные	150	110 – 295	146
Частично выщелоченные	85	51 – 97	82
Сильно выщелоченные	25	4 – 50	23

Ранее [11] был сделан вывод о том, что при катагенетических изменениях преобразуются составляющие цементирующей массы, а это, в конечном счете, и влияет на прочностные характеристики песчаников. Ведь прочность кварца,

как в раннем, так и в позднем катагенезе, практически не меняется. Таким образом, минералогия цемента и его трансформация в катагенезе, ответственны за прочностные характеристики исследованных пород. Для метаморфических пород указанный вывод, вероятно, будет аналогичен. Трансформация минералов цемента при изменении условий (глубины залегания, гипергенезе, диафорезе и др.), будет основным фактором изменения свойств пород.

Максимальные значения объемной плотности для условий позднего катагенеза угленосных отложений Донбасса, составляют 2,7-2,75 т/м³ (для ангидритов значения могут достигать до 2,9 т/м³). В табл. 1 подобные значения для метаморфических пород Кривбасса составляют 2,65-3,76 т/м³. Эти данные хорошо показывают последовательность перехода значений плотности осадочных пород, в метаморфические.

Таким образом, значения объемной плотности осадочных и метаморфических пород имеют пределы от 1 до 3,8 т/м³. Единица здесь является начальной плотностью пелитовых седиментогенных отложений в водной среде, когда пористость достигает 90 и более %. Это придонная взвесь, располагающаяся в интервале от нескольких см, до нескольких десятков см. В районе значений 2,0-2,2 т/м³, осадок трансформируется в осадочную породу. Иными словами, глина превращается в аргиллит, песок – в песчаник, алевролит – в алевролит и т.д. Если продолжить эту последовательность, то в районе значений 2,7-2,9 т/м³, осадочная порода поздней степени катагенеза трансформируется в метаморфическую. Такие примеры являются фактическим доказательством существования своеобразных структурных скачков в природе, когда порода, достигнув определенного уровня термобарических условий, трансформируется в другое состояние, обычно сопровождающееся изменениями структуры, минералогического состава и свойств [12].

Появление выбросоопасности песчаников в угольных шахтах на границе раннего и среднего катагенеза, а потом аннигиляция этого газодинамического явления на границе среднего и позднего катагенеза, убедительное подтверждение структурирования пород, которое происходит не только в литогенезе. На рис. 1 приведен график, подтверждающий сказанное.

С определенной степенью достоверности, можно предположить, что для исследованных пород, на глубине около 2 км произошел структурный скачок, который «перевел» породу из зоны среднего в зону позднего катагенеза [13-14].

В результате этого «скачка» порода осталась осадочной, но коллекторские свойства ее изменились, текстура стало более плотной, массивной, структура – более однородной. Значения коэффициента вариации основных показателей данной породы, стали меньше, стабильнее. Для осадочных пород пористость фактически является следствием уплотнения и от стадии седиментогенеза до стадии позднего катагенеза изменяется примерно на два порядка (от 60-90 % до 0,6-0,9 %). Минимальная пористость для отложений позднего катагенеза в районе развития антрацитов составляет, примерно 1-3 %.

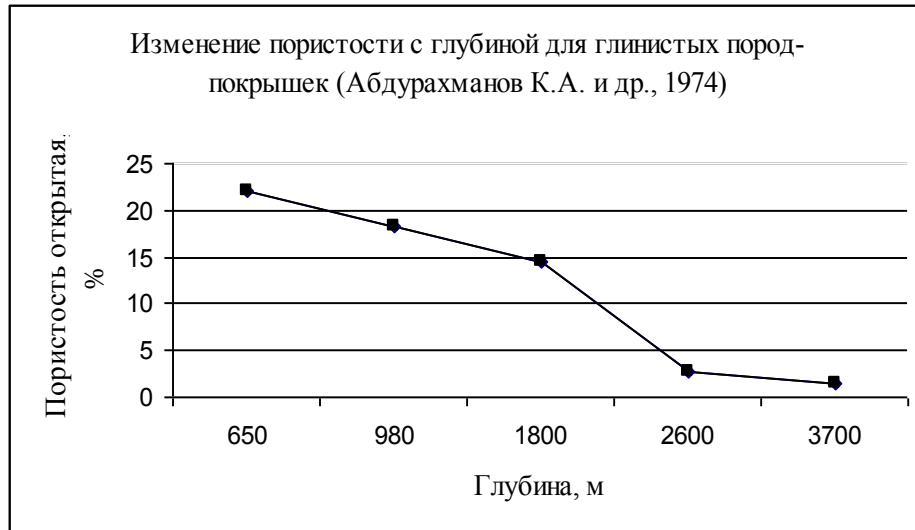


Рис. 1 - График, показывающий изменение пористости с глубиной, со структурным скачком, на глубине около 2 км

Примерно такая же пористость наблюдается для метаморфических отложений архея и протерозоя, представленная на графике рисунка 2 и в табл. 4, по данным сверхглубокой скважины Кривбасса [15]. Здесь изменение пористости от 0,5 до 3 %, по нашему мнению, вызвано процессами метасоматоза, диафтореза, тектонических воздействий, по разному отразившихся на разных стратиграфических горизонтах. Иными словами, уплотнение пород, характерное для осадочных отложений, в метаморфических породах практически не происходит, а на первое место выходят процессы структурных преобразований вещества под действием меняющихся условий. Интересные результаты на данную тему приведены в работе И.И. Танатара [16], в таблице 17, где есть результаты изменения объема (увеличение и уменьшение) в разных минералах на стадиях катагенеза и метаморфизма.

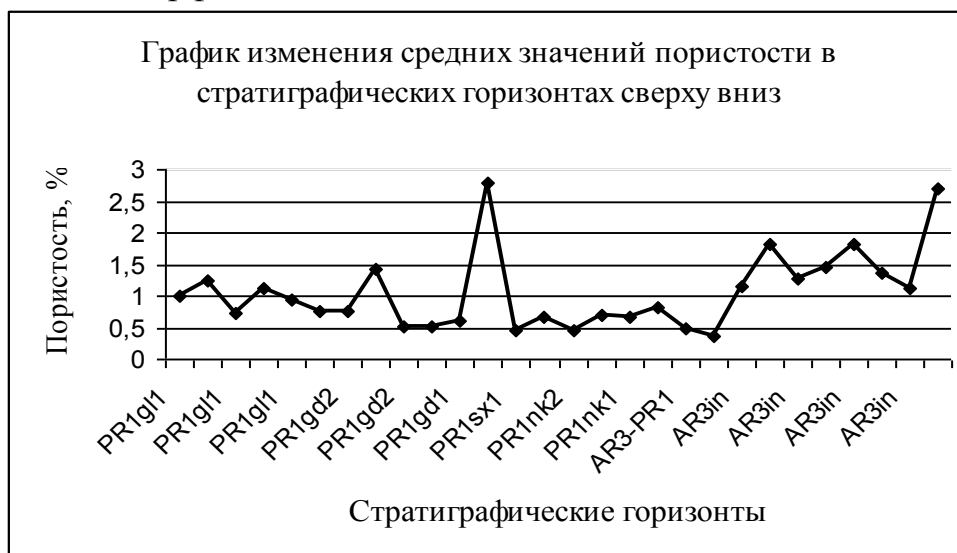


Рис. 2 - График изменения пористости в породах разных стратиграфических горизонтов Кривбасса [15]

Если рассмотреть правую часть вышеприведенного графика более детально (рис. 4), то можно отметить относительно существенные изменения значений пористости и на больших глубинах (разница значений примерно в 3 раза). Здесь, на стратиграфической глубине 500-3000 м, произошел структурный скачок, но на какой точно глубине, мы не можем ответить однозначно, нужны дополнительные исследования свойств пород.

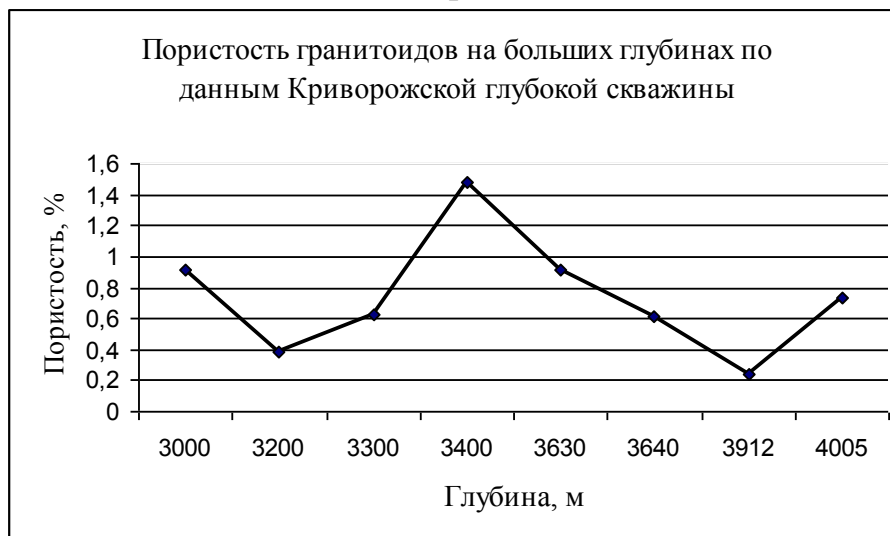


Рис. 4 - График значений пористости пород на больших глубинах, по данным исследования керна сверхглубокой криворожской скважины [15]

Однако, по сравнению с перепадами значений пористости на верхних горизонтах (разница примерно на порядок), на больших глубинах пористость намного более выдержана и имеет существенно более низкую вариацию. Данный пример наглядно демонстрирует относительность получаемых результатов и показывает необходимость сравнения сопоставимых по свойствам характеристик исследуемых пород.

Указанный перепад свойств железистых кварцитов, в первую очередь пористости и прочности, необходимо учитывать при проведении горных и взрывных работ. Обращает внимание определенная цикличность изменения свойств пород, представленная на рис. 3. Приведенный результат вероятнее всего характеризует разную степень проницаемости пород, влияющую на объемы выщелачивания и диафторез, но для подтверждения этой теоретической посылки нужны дополнительные минералогические исследования с точной привязкой к стратиграфическим горизонтам.

На рис. 5 представлен график изменения значений предела прочности на сжатие для осадочных пород Донбасса. На данном графике представлены средние значения прочности осадочных пород в разных районах указанного региона, а в статье [18], представлены фактические результаты, согласно которым, примерные значения прочности перехода осадков в осадочные породы составляют 4-5 МПа. Если средняя плотность песка равна примерно $2,0-2,5 \text{ Г/см}^3$, то средняя плотность песчаников равна примерно $2,6-2,7 \text{ Г/см}^3$, а средняя плотность кварцитов, примерно $2,9-3,0 \text{ Г/см}^3$ (в системе СГС) [9].

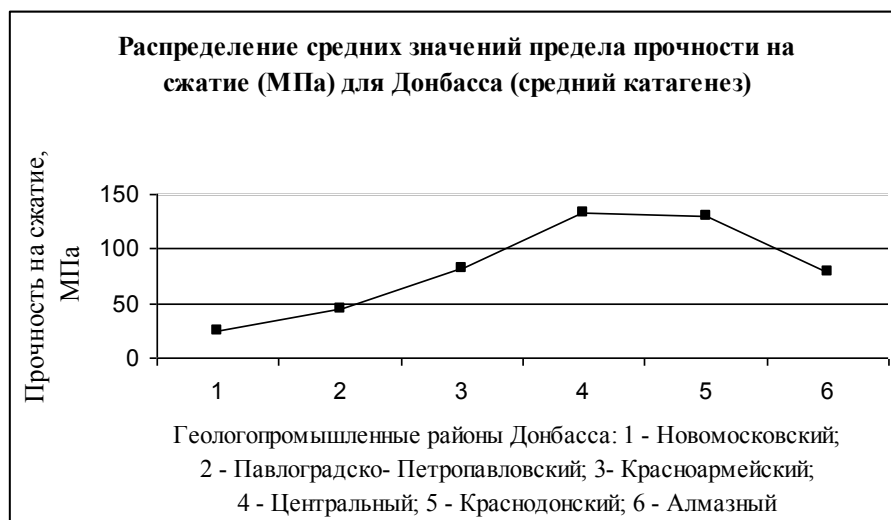


Рис. 5 - График распределения средних значений прочности в отложениях среднего катагенеза разных геолого-промышленных районов Донбасса

Предел прочности на сжатие для осадочных пород (на примере песчаников) достигает 120-150 МПа, а для метаморфических эти значения более высокие. Но в зоне гипергенеза (до 500-600 м и ниже) перепад значений предела прочности может изменяться в 2-3 раза, что показано на рис. 6.



Рис. 6 - График изменения значений предела прочности на сжатие для Криворожских кварцитов на глубину до 2 км

Прочность на вышеприведенном графике увеличивается с глубиной очень незначительно, что указывает на значительные глубины диафореза и метасоматоза в метаморфических породах.

Таким образом, как в осадочных, так и в метаморфических отложениях установлена сопоставимая по мощности зона гипергенеза, составляющая примерно 500-600 м для субгоризонтальных образований. В тех случаях, когда указанные отложения под действием тектонических напряжений трансформировались в субвертикальные или наклонные, указанные зоны гипергенеза могут достигать глубин 2-х и даже 3-х километров, что наблюдается в отложениях Кри-

ворожского бассейна. Кроме того, что в зоне гипергенеза увеличена пористость в результате выщелачивания и, соответственно, уменьшена прочность, там еще меняется минералогический состав руд и вмещающих пород, именуемый диафторезом. Для Кривбасса в зоне диафтореза формируются окисленные руды, отличающиеся плохой обогатимостью из-за отсутствия магнитности и по этой причине значительная часть таких руд (до 15 %) уходит в отвалы. Игнорирование закономерностей изменения пористости, прочности, приводит к нерациональному использованию взрывчатки, переизмельчению руды, снижению выхода промпродукта. Поэтому учет закономерностей формирования зон гипергенеза, диафтореза, метасоматоза имеет не только научное, но и значительное прикладное значение в горнорудной промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мартыненко И.И. Доклады – отчеты о работе геологической службы Украины на ежегодных (1998-2006 гг) конференциях Института сверхтвердых материалов. «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения»: Сб. научн. трудов – Вып. 1-9. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 1998-2006 г.
2. Малахов І.М. Геологічне середовище антропогенної екосистеми. Техногенез у геологічному седовищі / І.М. Малахов – Кривий Ріг: ОКТАН ПРИНТ, 2003. – 252 с.
3. Технично-економічні показателі горнодобувальних підприємств України в 2001 – 2002 г.г. – Кривий Ріг: НТО ГНІГРИ, 2003. – 164 с.
4. Тохтуев Г.В. Физико-механические свойства горных пород Кривбасса / Г.В. Тохтуев, В.Г. Борисенко, А.А. Титлянов. – К.: Гос. изд-во техн. литературы УССР, 1962. – 103 с.
5. Метаморфогенное рудообразование в докембрии. Формации метаморфогенных рудных месторождений / Белевцев Я.Н., Домарев В.С., Кулиш Е.А. [и др.] / Под ред. Белевцева Я.Н. - К.: Наук. думка, 1986. - 168 с.
6. Минералогия Криворожского бассейна / Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И. [и др.] / Отв. ред. Лазаренко Е.К. - К.: Наук. думка, 1977. - 544 с.
7. Геология и генезис докембрийских железисто-кремнистых и марганцевых формаций мира: Труды Международного симпозиума. - К.: Наук. думка, 1972. - 388 с.
8. Орлинская О.В. Новый взгляд на формирование полосчатости железистых кварцитов / О.В. Орлинская, В.В. Соболев // Сб. научн. трудов НГА Украины №3. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 1998. – С. 86-89.
9. Соболев В.В. Физика горных пород / В.В. Соболев, А.П. Стариков – Донецк-Днепропетровск: Донбасс, 2012. – 456 с.
10. Балута А.М. Прогнозная оценка физико-механических свойств горных пород Кривбасса / А.М. Балута, В.Г. Борисенко – К.: Наук. думка, 1972. – 88 с.
11. Баранов В.А. Влияние структуры на прочность песчаников Донбасса / В.А. Баранов // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. трудов // ИГТМ НАН Украины - 2009 - №. 83 - С.66-72.
12. Баранов В.А. Стадии литогенеза и закономерности уплотнения пород / Зб. наук. праць Інституту геологічних наук НАН України, вип.5. – 2012. – С.35-41.
13. Баранов В.А. Структурные преобразования минералов и пород, как следствие энергетических воздействий / В.А. Баранов.- Докл. на конф. «Импульсная обработка материалов», Днепропетровск, НГУ, 2005. – С.9-17.
14. Баранов В.А. Определение нижней и верхней границ выбросоопасности горных пород / В.А. Баранов // Уголь Украины, 1999. - №2. – С.28-30.
15. Криворожская сверхглубокая скважина СГ-8. - Донецк: Ноулидж, 2011. – 555 с.
16. Танатар И.И. Основы учения о рудных месторождениях / И.И. Танатар – Харьков: ХГУ, 1959. – 292 с.
17. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. – М.: Госгеолтехиздат, 1963. - т.1.– 1210 с.
18. Баранов В.А. Влияние структуры на прочность песчаников Донбасса / В.А. Баранов // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. трудов // ИГТМ НАН Украины - 2009 - №. 83 - С.66-72.

Д-р техн. наук Ю.М. Халимендик,
канд. техн. наук А.В. Бруй,
инженеры А.С. Барышников,
Ю.А. Заболотная

(ГВУЗ «Национальный горный университет»)

УСИЛЕНИЕ КРЕПЛЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ ИХ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Наведені результати маркшейдерських спостережень за зміною стану підготовчих виробок та масиву гірських порід після проходження лави в умовах шахт Західного Донбасу. Сформовано модель деформування масиву гірських порід навколо гірничої виробки після проходження лави. Запропоновано графо-аналітичний метод визначення навантаження на кріплення підготовчої виробки, використовуючи який, можливо визначити необхідний відпір кріплення на сполученні лави з підготовчою виробкою. Аналітичні розрахунки можуть бути застосовані в умовах шахт Західного Донбасу.

INTENSIVITY SUPPORT OF PREPARATORY MAKING FOR THEIR REPEATED USE

The results of surveying observations of changes in the conditions of gateroads and rock massif behind longwall face in the Western Donbass coal mines are presented. The model of rock massif deformation around gateroad behind longwall face is created. The graph-analytical method for determining the load on gateroad support, using which it is able to determine the requirement rebuff of support at the intersection of longwall with gateroad, is proposed. Analytical calculations could be used in mines in the Western Donbass.

Современной особенностью развития угольной промышленности Украины является интенсификация добычи угля. Отечественный и мировой опыт показывает, что именно это направление более всего обеспечивает повышение эффективности угледобывающего предприятия. Интенсивность очистных работ на приватизированных шахтах резко возросла и в большинстве случаев месячное подвигание очистного забоя превышает 100 м/мес.

При этом возникают проблемы связанные с возобновлением фронта очистных работ, внедрением прямоточного проветривания, дегазацией горного массива, доставкой материалов и т.д. Большая часть этих задач решается с помощью повторного использования выемочных выработок. В настоящее время в угольной отрасли Украины около 20% выработок используется повторно[1]. Отказ от повторного использования выемочных подготовительных выработок приводит к увеличению протяженности и стоимости выработок, необходимых для подготовки выемочного поля, и не позволяет из-за недостаточных темпов проведения подготовительных выработок осуществить своевременное воспроизводство фронта очистных работ. Учитывая постоянное усложнение горно-геологических условий, увеличение поперечного сечения выработок, их протяженности, рост глубины разработки, проблема поддержания протяженных выработок в устойчивом состоянии во время их эксплуатации приобретает особую актуальность[2].

Напряженно-деформированное состояние массива вокруг охраняемой выработки после очистных работ зависит от природных и горнотехнических факто-