

## РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРЕДВАРИТЕЛНИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ЗА ПРИЛАГАНЕ НА СОНДО-ШНЕКОВ ДОБИВ В МИНА "БЕЛА ВОДА"

*Георги Стоянчев, Кръстю Дерменджиев*

*МГУ "Св. Иван Рилски", 1700 София*

**РЕЗЮМЕ.** Повишаването на ефективността на добива в условията на мина "Бела вода" е свързано с прилагане на съвременни добивни технологии. Една от тях е сондо-шнековата. Във връзка с оценката за приложимостта на тази технология, в условията на мината бяха проведени експериментални изследвания, резултатите, от които са представени в настоящата работа.

### SOME RESULTS FROM PRELIMINARILY EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS FOR AUGER DRILLING MINING METHOD APPLICATION IN "BELA VODA" MINE

*Georgy Stoyanchev, Krastu Dermendjiev*

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700, Sofia*

**ABSTRACT.** Mining effectiveness enhancement in "Bela voda" coal mine is connected to application of advanced mining technologies. Auger drilling mining method is one of them. Some experimental investigations of that technology application in the "Bela voda" mine conditions were made. The results and their assessments are given in the paper.

Концесионната площ на мина "Бела вода" е сравнително голяма. В нея е извършвана, във времето и при различни наименования на рудниците, интензивна минно-добивна дейност. В резултат на това запасите и ресурсите, включени в площта са съсредоточени в сравнително ограничени по площ блокове. Тези блокове са с неправилна форма, с различен брой на пластовете и различно състояние – надработени или подработени. Поради тези причини в цялостния проект [3] рудничното поле е разделено на 5 обособени участъка, със самостоятелни технологични площадки, разкриване, подготовка, транспорт и вентилация.

В тези площно ограничени участъци, със сложно състояние на масива е изключено прилагането на съвременни комплексно-механизиранни технологии. Затова още от началото на усвояване на запасите в участък "Централен" беше проектирана и приложена камерно-стълбова система с използване на галериен комбайн 4ПУ [1,2].

Посочената по-горе добивна технологична схема се реализира ефективно при дебелина на пласта между 2,5-3,5 m. При по-малки дебелини се налага подкопаване на скалите от горнище или долнище, при което ефективността намалява.

В концесионната площ преобладаващата част от ресурсите – запасите са съсредоточени в тънки пластове, с мощност между 0,7-1,25 m. Затова усилията на управляващия инженерен екип са насочени към проучване на опита и техниката за прилагане на сондо-шнековия добив, включително и финансиране на проектно-конструкторска работа по създаване на сондо-шнеков комплекс за услови-

ята на мината. Във връзка с това бяха направени съответните проучвателни, оценъчни и експериментални изследвания за обосноваване или не на възможността за прилагане на сондо-шнеков добив и някои параметри на оборудването [4].

Проучването на опита и условията за прилагане на сондо-шнекови технологии показва, че на практика съществуват различни технически изпълнения на съответните добивни и транспортни средства, но най-общо приложението им е в добивни (подземни и открити) участъци със сравнително издържана хипсометрия, наклони до 8-10°, устойчиви масиви (вместващи скали и възлища) и дебелина на пластовете между 0,7-1,25 m.

В концесионната площ на мина "Бела вода" тънките пластове, Вд.е., Сд.е. и Сг.е. се намират на различна дълбочина (50 – 120 m), но тяхното положение в представителните стратиграфски колонки е строго фиксирано. Непроменени са вместващите скали по вид и литоложка разновидност. Дебелината на пластовете и вместващите скали варира в сравнително тесни граници. Възлищата са сравнително чисти и са с ниска пепелност и влажност. Вместващите скали са представени от черни горливи шисти, глинесто-песъклив мергел, сиви глинести шисти, глинест мергел и глинесто-песъклив мергел с валуни – здрави включения.

Данни за основните физико-механични свойства на възлищата и вместващите скали се представени в табл.1.

По приетите класификации по устойчивост вместващите скали се отнасят към тези с устойчивост по-ниска от средната и към средноустойчивите. Скалите от непосредственото долнище са най-често слаби, склонни към отслояване и самообрушаване.

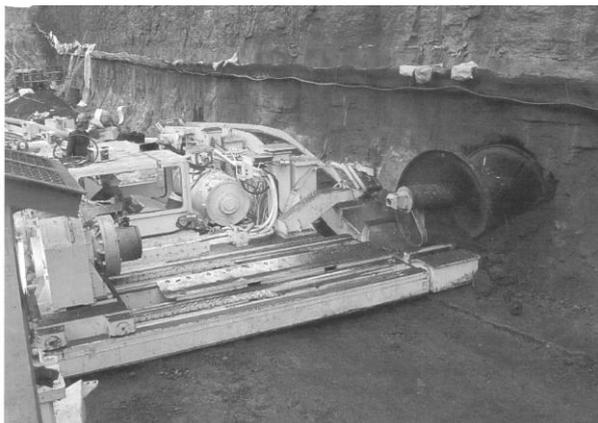
При отработване на запасите по пластове А и В<sub>г.е.</sub> във времето, запасите в пластове В<sub>д.е.</sub>, С<sub>д.е.</sub> и С<sub>г.е.</sub> са подработвани. Това подработване е различно във времето и по площ като макар, че се очаква сравнително добра консолидация на подработваните масиви се допуска и относително намаляване на стойностите на характеристичните физико-механични свойства. Това намаление е свързано и със структурното състояние на възлицата и скалите. Може да се очаква увеличена структурна нарушеност, разуплътняване и увеличена склонност към самообрушаване при прокарване на минни изработки и добив.

При проучването на съществуващи сондо-шнекови комплекси, като най-приемлив от гледна точка на изземваната мощност и габарити беше избран сондо-шнековия комплекс БШК-2ДУ, производство на Украйна и технологичните схеми на работа прилагани в Китай при използването му (фиг.1).

На базата на основните параметри на този комплекс бяха подработени параметрите на експлоатационните отвори – “сондажи”, прокарани при експерименталните изследвания (in situ), заложен в [4].

Експерименталните отвори бяха реализирани в откос на стъпало с разкритие на възлицен пласт В<sub>д.е.</sub>.

Като основни цели на изследването бяха заложен: изследване поведението на минния масив в условията на мина “Бела вода” при сондажно изземване на тънки пластове; оценка на устойчивото състояние на незапълнен сравнително дълъг отвор с определено сечение и параметри; формиране на заключение за възможността за прилагане на сондо-шнекова технология в мина “Бела вода”.



Фиг.1.

За постигане на заложените по-горе цели беше разработена подробна програма за осъществяване на експеримента, включваща: необходим брой и направление на отворите; параметри на отворите и взаимно разположение; параметри на целиците; набелязване на реперни точки и

измерване на преместванията по контура на отворите във времето; наблюдение за състоянието на скалите и възлицния пласт в откоса на стъпалото и др.

## Прокарване на експериментални ниши

За симулиране на условия, близки до тези, при които се прокарва добивната изработка със сондо-шнеков или комплекс с т.нар добивен комбайн за тесни забои “continuous miner” (КМ) беше решено прокарването на експерименталните ниши да се осъществи с проходчески комбайн 4ПУ.

Прокарването на нишите с комбайн наложи преоценка на размерите на нишите и частично формата на напречното сечение. Предвид скоростта на прокарване на нишата се изключи използването на обезопасяващ крепеж в изработката, което автоматично доведе до намаляване дължината (дълбочината) на нишите.

Лошото време и сравнително голямата продължителност на прокарване на нишата в условията на откос с голяма височина, без използване на крепеж, наложи броят на експерименталните ниши да бъде намален до две. Това решение беше съгласувано и с факта, че наблюдаваните ефекти на поведение на възлицата и вместващите скали при прокарване на първата ниша се потвърдиха и при втората ниша.

Технологията на прокарване на нишите беше съобразена с габаритите и възможностите на комбайна. В съответствие с тях, при прокарване на началните 2,0 m се подкопаваше долнището на дълбочина до 0,4 m. Следващите 1 – 1,5 m към дъното се оформяха без подкопаване на скалите от долнището, изцяло върху възлицния пласт.

Зарисовки в различни проекции на нишите са дадени на фиг. 2 и фиг.3.

## Наблюдения и измервания

За целите на изследването бяха организирани и проведени наблюдения и измервания. Наблюденията включваха отразяване на визуални ефекти, а измерванията – фиксирани на характерни елементи на експерименталните отвори и минния масив, реперирани и измервания, преди прокарването и непосредствено след прокарването на изработката в масива.

### Наблюдавани ефекти

При прокарване на минните изработки се осъществява взаимодействие между средствата за прокарване и минния масив. Минната изработка (отвор, разположен в масива) се характеризира с определена форма, размери и конфигурация. При прокарването ѝ се извършва сложно преразпределение на напреженията в масива около нея (особено при седиментни възлицни масиви), при което се осъществява взаимодействието между масива и изработката.

Таблица 1

Пластови показатели	*B* долен етаж	***C* долен етаж	*Шистозен*
<b>I. НЕПОРЕДСТВЕНО ГОРНИЦЕ</b>			
1. Литоложки вид	глинесто-песъклив мергел	глинесто-песъклив мергел	сиво-кафява глина
2. Средна мощност, m	4,2	4,8	5,46
3. Естествена влажност, %	10,61	13,68	8,36
4. Обемно тегло, kN/m <sup>3</sup>	21,0	22,1	15,3
5. Якост на натиск на неправилна форма, МПа	1,81	0,80	2,10
6. Якост на натиск, МПа	8,36 ( $\alpha=0,078$ ) слаби скали	6,71 ( $\alpha=0,093$ ) слаби скали	24,61 ( $\alpha=0,04$ ) средна якост
7. Якост на опън, МПа	1,18	0,54	2,53
8. Якост на срязване, МПа	1,43	1,15	4,91
9. Сцепление, МПа	2,39	1,72	9,88
10. Ъгъл на вътрешно триене,...	28,08	33,19	37,15
11. Модул на еластичност 1.10 МПа	2,72	0,67	1,93
12. Коефициент на Поасон	0,30	0,22	0,14
<b>II. НЕПОСРЕДСТВЕНО ДОЛНИЦЕ</b>			
1. Литоложки вид	глинесто-песъклив мергел	глинесто-песъклив мергел	сиво-кафяв мергел
2. Носимоспособност МПа	29,2 здраво долнище	1,5 слабо долнище	12 здраво долнище
3. Естествена влажност, %	12,11	12,29	8,43
4. Обемно тегло, kN/m <sup>3</sup>	21,8	22,9	18,5
5. Якост на натиск на неправилна форма, МПа	2,26	0,30	2,88
6. Якост на натиск, МПа	10,47 здрави скали	3,81 много сл. скали	18,68 средна якост
7. Якост на опън, МПа	10,8	0,49	3,16
8. Якост на срязване, МПа	1,79	0,68	4,25
9. Сцепление, МПа	2,73	1,25	5,58
10. Ъгъл на вътрешно триене, ... °	33,80	29,91	26,33
11. Модул на еластичност 1.10 МПа	2,19	0,6	2,5
12. Коефициент на Поасон	0,26	0,29	0,3
<b>III. ОСНОВНО ГОРНИЦЕ</b>			
1. Литоложки вид	глинесто-песъклив мергел	глинесто-песъклив мергел	глинесто-песъклив мергел
6. Якост на натиск, МПа	изменя се в границите от 6,5 до 7,3		
7. Якост на опън, МПа	изменя се в границите от 0,9 до 1,00		
8. Якост на срязване, МПа	изменя се в границите от 0,5 до 1,6		
9. Сцепление, МПа	изменя се в границите от 0,57 до 2,59		
10. Ъгъл на вътрешно триене, ... °	изменя се в границите от 19,0 до 33,8		
11. Модул на еластичност 1.10 МПа	изменя се в границите от 0,47 до 0,85		
<b>IV. ВЪГЛИЩА</b>			
1. Средна мощност, m	1,20	1,35	0,90
2. Естествена влажност, %	18,18	16,93	16,5
3. Обемно тегло, kN/m <sup>3</sup>	14,7	15,6	16,0
4. Якост на натиск на неправилна форма, МПа	2,92	1,66	1,99
5. Якост на едноосов натиск, МПа	10,43	9,40	12,3
6. Якост на опън, МПа	2,09	0,69	2,2
7. Якост на срязване, МПа	2,60	1,17	2,5
8. Сцепление, МПа	3,35	2,72	3,75
9. Ъгъл на вътрешно триене, ... °	28,65	33,65	30,0

Това взаимодействие се изразява чрез различни ефекти като: деформиране, преместване, напуквания, отслояване, разрушаване и обрушване на масива по периметъра на изработката. Във връзка с това и с планираните зони и точки за наблюдение и описание на поведение и състояние на масива, по време на прокарване на нишите, обекти на наблюдение бяха: изкопаването от работния орган на комбайна, чрез рязане, откъртване на възглицата и скалите в долнище; състоянието и поведението на възглицата по периметъра на нишата; състоянието и поведението на скалите от непосредственото горнище; състоянието и поведението на скалите от основното горнище; състоянието и поведението на скалите по откоса на стъпалото.

Извършените наблюдения по време на прокарване на двете ниши, след тяхното прокарване и по-късно във времето дават основание за следните обобщения:

- Макар и напукани възглицата се характеризират като здрави, с относително съпротивление на рязане не по-малко от 150-250 kN/m.
- Най-често работният орган работи в режим на откъртване, като оказва значително динамично въздействие върху възглицата от стените и скалите от непосредственото горнище. Рязането на скалите от долнище не представлява проблем за комбайна. Работният орган работи изключително в режим на рязане като съпротивлението на рязане е не повече от 200 kN/m.
- Възглицата са сравнително устойчиви по периметъра на изработката и в целика. Комплексната напуканост (ендогенна и екзогенна) е ортогонална и е представена основно от две системи – по простирание и по западане. Напукаността е формирана от натискови напрежения, като остатъчната якост на натиск е сравнително висока.
- Скалите от непосредственото горнище започват да се отслояват на тънки плочи с дебелина 3-5 cm и размери между 30-40 до 50-80 cm, на минимално разстояние от забойната стена – 1,0-1,2 m. Затова те могат да се разглеждат като лъжливо горнище. Отслояването до достигане на общата дебелина на непосредственото горнище 35-50 cm продължава във времето и се дължи на преразпределение на напреженията и на атмосферни влияния (промяна на влажността и разуплътнение). Може да се очаква, че самообрушаването на непосредственото горнище чрез разслояване ще съпътства прокарването на добивния отвор–сондаж или сторен сондаж–квазиелепса с плосък таван, през цялото време. Скоростта и височината на отслояване, както и характера на плочите при отслояване ще зависят от формата, размерите и скоростта на прокарване на отвора, състоянието на масива и дълбочината на изработката.
- Скалите от основното горнище (сиви глинесто-песъкливи мергели) макар и едроблочно напукани и при двете ниши запазват устойчивост. Не се наблюдава развитие на пукнатини, деформация, разрушение и самообрушаване. Това се дължи на малката дълбочина на изработките и малката големина на геостатичния товар. При увеличение на дълбочината, въпреки

че ще нарастват стойностите на якостните и деформационни параметри на масива, при получените размери на добивния отвор (ниша), самообрушаването ще обхване и част от скалите на основното горнище. Голямата ос на квазиелептичния отвор ще се преориентира от хоризонта към вертикала и ще се развива само в горнище.

При размери на отвора по вертикала около 1,0-1,4 m тази област на самообрушаване в горнище по вертикала може да достигне 2-2,5 m при неработен сондаж, а ако сондажа е в работа, височината на зоната ще нараства до достигане на очакван устойчив отвор (при стабилни целици) с ос по височината около (2-2,5).а, където а е половината от ширината на изработката, т.е. около 2,1-2,6 m. Когато се формира устойчивият отвор ще се формират и едри блокове, които ще затрудняват, а може да изваждат и от строя добивно-транспортното оборудване, прокарващо добивния отвор.

Затова от особено значение при формирането на безопасни геотехнологични условия, за ефективна работа на сондо-шнековото оборудване в условията на мини "Бела вода", са формата и размерите на напречното сечение на добивния отвор.

- Целикът между, ниша 1 и ниша 2 (фиг.3) е с широчина в най-тясната си част 1 m. Той е формиран с пошироки крачета в пода и тавана, като в тях ширината му достига около 1,5 m.

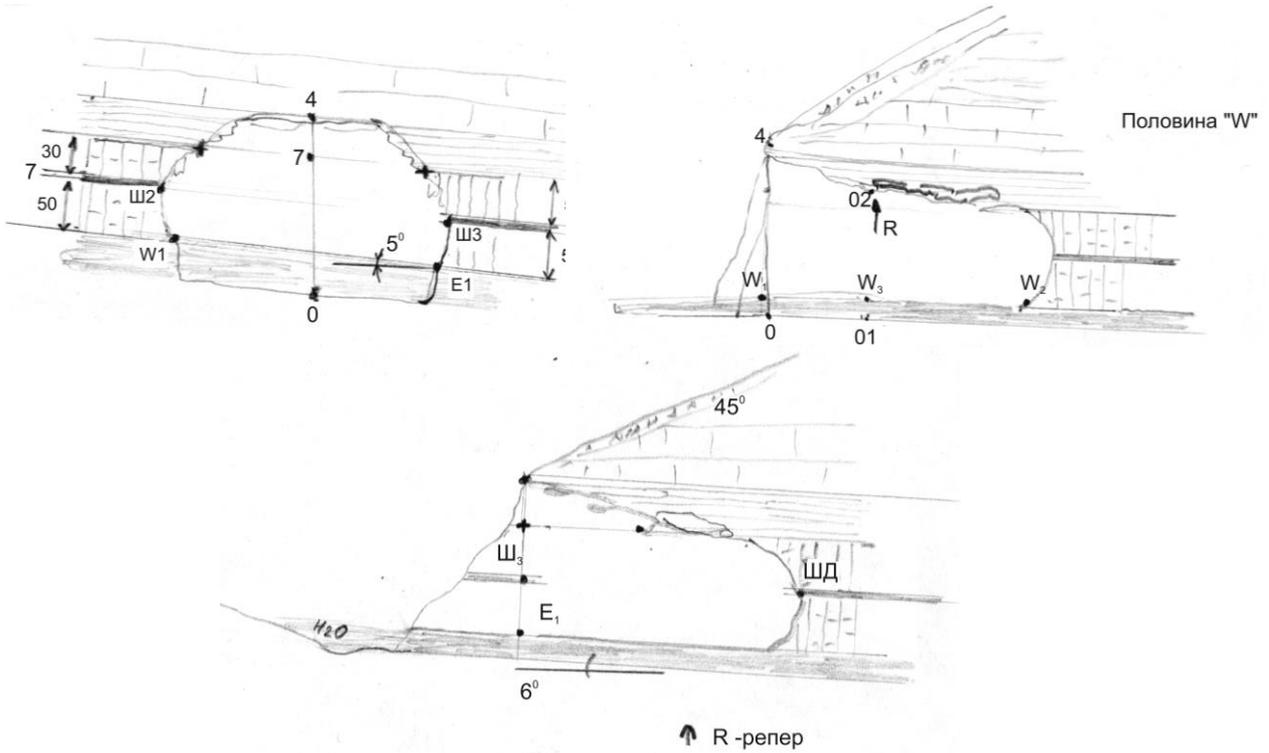
При наблюденията по време на прокарването на нишите не се наблюдаваха деформации, напукване и разрушения в целика. Това се дължи на малкия товар върху тях и относително значителната носеща способност, която се формира от якостта на натиск на възглицата. Възможно е намаляване или вариране на ширината на лентовия целик в зависимост от условията. Рационалните параметри на целиците могат да бъдат определени при пилотно и последващо внедряване на добивното оборудване. Възможните съотношение

$$\frac{B_c}{(B_k + B_c)}$$
, където  $B_c$  е широчината на целика,  $B_k$  е

широчината на камерата-отвора, m, могат да се движат от 0,50 до 0,30.

- По време на прокарване на нишите са наблюдаваше поведението на скалите по откоса на стъпалото. Въпреки сравнително голямата височина на стъпалото (15-18 m) и големите наклони – 50-60°, откосът беше устойчив. Не се наблюдаваха видими деформации на скалите, търкаляне на свободно насипани по откоса скални късове и свличания. Това най-вече се дължи на малката дълбочина на проникване на нишите. Може да се счита, че залагането и прокарването на разкриващи изработки в откос на стъпало (при вкопана руднична площадка на повърхността) по пласт  $V_{д.е.}$  няма да представлява проблем. Лесно може да се осигури портална част в откоса и по-нататъшното прокарване на изработки по пласта с подкопаване на скалите от долнището.

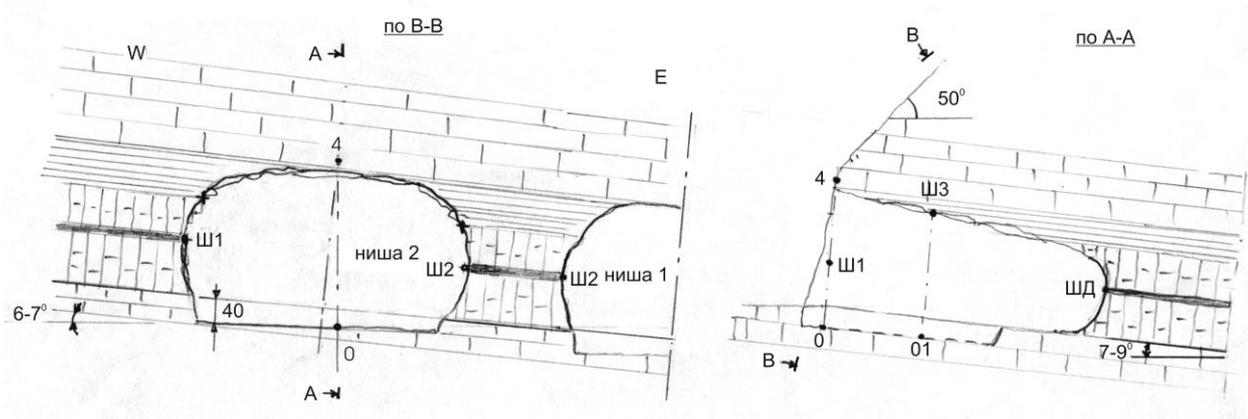
**НИША № 1.** нач. на пром. 30.VI. 10<sup>40</sup> h/край 16<sup>00</sup> h  
 Замер на: 1.VII, 10<sup>40</sup>



Фиг.2.

**НИША № 2.** нач. на прок. 2.VII. 9<sup>40</sup> h; портал, 10<sup>20</sup> h, край 12<sup>45</sup> h

Замер на: 2.VII, 14<sup>50</sup>



Фиг.3

**Измервания**

За насочване на камерите, първоначално бяха очертавани размерите и формата на камерите. Те бяха определени в съответствие с т.3 (планиране на експеримента). Комбайнът визуално се насочваше за оформяне на нишите и целика.

След приключване на работите по прокарване на камерите се извършваха огледи, поставяне на реперни точки (чрез забиване на стоманизирани пирони) и измерване на разстоянията между тях. Наред с това се правеше зарисовка на масива и камерите.

Зарисовките на камерите и характерните разстояния между реперните точки се представени на фигури 2 и 3. На тях са представени хронологични данни за прокарването и извършване на замерите. Замерната таблица позволява замерите да се извършват във времето (по интервали) за отчитане премествания във времето.

Поради динамичният, кратковременен характер на добивната технология не са правени времеви замери.

## Изводи и заключение

Анализите на зарисовките, замерите и наблюдаваните ефекти по време и след прокарване на експерименталните ниши, обвързани с очакваните минно-технически и геотехнически условия при отработване на запасите и ресурсите в пластове В<sub>д.е.</sub>, С<sub>д.е.</sub> и С<sub>г.е.</sub>, по подземен начин със сондажно-шнеково оборудване дават основание да бъдат направени следните изводи и заключения

- Капиталните подготвителни изработки може да бъдат прокарвани с галерийния комбайн 4ПУ. Сечението им трябва да бъде вписано в горнището, до скалите от основното горнище, а в долнище в съответствие с изискванията на добивната техника, формата на напречното сечение да бъде арка или трапец, а размерите съобразени с габаритите на добивната техника.
- Глухата добивна изработка, прокарвана без постоянно присъствие на хора в забоя трябва да има сравнително малко напречно сечение и да бъде изцяло вписана във въглищния пласт.
- Предпочитаната форма на напречното сечение на изработката е кръгла, с диаметър не повече от 1,0 m. Тази форма да бъде постигана при преобладаващо рязане и последващо раздробяване на подрязания цилиндър. Сондовата глава да оказва минимално динамично въздействие върху непосредственото (лъжливо) горнище.
- В процеса на прокарване на добивната изработка (сондажа) ще има отслояване на скалите от непосредственото горнище (горливи глинести шисти). Максималната дебелина на отслоените скали ще достига до около един радиус на отвора и ще се

разпространи до основното горнище. Отслоените скали (чернилки) ще бъдат надробявани и изнасяни заедно с въглищата от шнековия транспортър.

- При увеличени размери на сондажа и при отвори с плоски тавани и под (строените работни глави на сондажно-шнековия комплекс БШК-2ДМ) в процеса на самообрушаване ще се включват и едри блокове от основното горнище. Това може да затрудни или блокира работата на този тип комплекс.
- Лентовите целици за охрана на сондажите (добивните) отвори не бива да бъдат с ширина по-малка от половината ширина (диаметър) на добивния отвор.

Предвид горните изводи за условията на мина "Бели брег" не се препоръчва използването на сондажно-шнековия комплекс БШК-2ДМ.

Препоръчва се да продължи проектно-конструкторската работа по утвърденото минно задание, за създаване на сондажно-шнеков комплекс с единични сондажна глава и транспортно-шнеков лост с диаметър не повече от 1,0 m. Експериментиране, усъвършенстване и внедряване.

## Литература

1. Стоянчев, Г., Д. Анастасов. Технология на добива с комбайн 4ПУ за условията на рудник "Бела вода". минно дело и геология, бр.12
2. Стоянчев, Г., Кр.Дерменджиев. Системи и добивни технологични схеми при използване на проходчески комбайн. 50 години МГУ "Св. Иван Рилски", Годишник, том 46, Свитък II, Добив и преработка на минерални суровини, С., 2003, стр. 19-22.
3. Цялостен проект за разработване на въглища от участък "Бела вода" от Пернишкия въглищен басейн, м.ІХ, 2002 г., Архив на "Въглища-Перник" ООД, гр.Перник.
4. Предварителни експериментални изследвания (in situ) относно приложимостта на сондо-шнеков добив в условията на мина "Бела вода", Изследователски отчет, Архив на "Въглища-Перник" ООД, гр.Перник.

Препоръчана за публикуване от  
Катедра "Подземно разработване на полезни изкопаеми", МТФ