

ГЕОМЕХАНИЧНА ОЦЕНКА НА МАСИВА СЛЕД ЗАКРИВАНЕ НА РУДНИК "РОСЕН", БУРГАСКИ МЕДНИ МИНИ ЕАД

Венцислав Иванов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700, e-mail: nis@mgu.bg

РЕЗЮМЕ: След продължителна и интензивна експлоатация и закриване на рудник "Росен", на терена над експлоатационния участък са възникнали разкъсвания и пропадания. За нуждите на проект за техническа ликвидация на последиците от пропаданията е извършена експертно – аналитична оценка на геомеханичното състояние на системата "Вместващ масив/Подземни изработки". Изследвани са основните фактори, определящи напрегнато-деформираното състояние на масива, дадени са заключения и препоръки.

ROCK MASSIF GEOMECHANICAL ASSESSMENT AFTER CLOSING OF "ROSEN" MINE, BOURGASKI MEDNI MINI EAD

Ventzislav Ivanov¹

¹University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT. There occurred breaks and failures of the surface above the exploited section after long and intensive exploitation and closing of "Rosen" mine. There was made expert-analytic assessment of the geomechanical situation of the system "Host massif/ Underground workings" for the purposes of the project for technical liquidation and the results from the failures. The main factors that determine the stress – strain state were carried out. Conclusions and recommendations are given.

Увод

Рудник "Росен" отстои на 25 км югоизточно от град Бургас. Находището е разработвано от два участъка – "Росен" и "Коручешме" (Стаханов.) Находище "Росен" се експлоатира в периода 1945-1995г. За тези години са добити 7563 х.т. руда със съдържание на мед 1,02% или 77912 т. метална мед.

Находището съдържа около четиридесет рудни жили, разполагащи се от СЗ на ЮИ, които за участъците Росен и Коручешме (Стаханов) са обединени в отделни групи.

Главна рудоразпределяща и рудовместваща роля за участък "Росен" има рудна зона № 7, която е тектонска структура със сложен строеж, изградена от интензивно напукани, хидротермално променени вместващи скали. Зоната е подлагана на интензивни тектонски процеси и в дорудния и в рудния етапи [5] вследствие на което, около нея, са развити перести рудовместващи структури [1].

В двата участъка на рудника са прилагани няколко системи на разработване. С основно приложение е системата с подетажно обрушаване. [1]. Втората по приложение добивна технология е системата за изземване чрез хоризонтални слоеве и последващо запълване на иззетото пространство. Използваното запълнение е от два вида – сухо скално запълнение и хидрозапълнение. Сухото скално запълнение е добивано от проходки и вътрешни кариери, а хидрозапълнението е с относителен дял 10,5% [1].

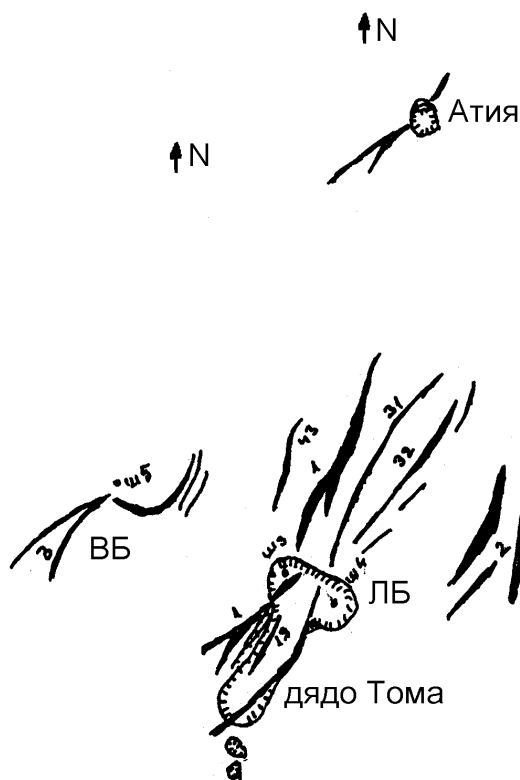
Рудник "Росен" е закрит през 1995г поради неефективност на добива, сложни минно-геоложки и минно-технически условия, неиздържани рудни жили с малка дебелина и ниски съдържания на мед, изчерпване на запасите на дълбочина до 800 m, усложнен транспорт, вентилация, водоотлив, увеличен скален натиск и др. [1]

Проблем

На терена над рудното поле на участък "Росен", в последните 5-6 години настъпват две пропадания на земната повърхност, площта на които нараства във времето (фиг.1)

През 2003 година кметовете на общини Атия и Созопол изпращат сигнални писма до компетентните държавни органи, които вземат решение за разработване на проект за ликвидиране на последиците от пропаданията. Неразделна част от този проект е представената тук геомеханична оценка.

Съществуващото, след ликвидацията на рудника НДС на масива и на системата „ВМ/ПИ“, както и развитието на протичащите в него геомеханични процеси се определят единствено от вътрешни фактори: преразпределение на действащите напрежения, строеж, свойства и нарушение на масива, акумулиране на подземните води, параметри на движението, продължителност и стадии на процеса.



Фиг. 1. Ситуационен план на проблемния участък. 1, 3 ... – рудни жили; ВБ, ЛБ – висящ и лежащ блок; Дядо Тома, Атия – пропадания на терена

Техническа рекултивация, от една страна трябва да бъде базирана на количествено познаване и прогнозиране развитието на всички фактори, обуславящи устойчивостта на системата “Вместващ масив/Подземни изработки”. От друга страна обектът е недостъпен за изследвания, които биха дали актуална информация за параметрите на ключовите фактори, определящи геомеханичната устойчивост на системата.

Посочените обстоятелства обуславят съвкупност от неопределености при решаването на задачата за геомеханичната оценка и напрегнато – деформираното състояние (НДС) на масива и механичните процеси, протичащи в него. Основен възможен подход в такава ситуация е итеративният. Той се състои в намирането на достоверни, приблизителни решения, базирани от една страна на безспорни факти (пропадания, разкъсвания, иззети обеми, конфигурацията на мрежата подземни изработки и развитието им във времето) и от друга, на експертни оценки основани на съвременни геомеханични теории и модели на напрегнатото състояние на скалния масив и устойчивостта на системата “вместващ масив-подземни изработки”.

Геомеханична оценка

Геомеханичната устойчивост на системата “вместващ масив/подземни изработки” (ВМ/ПИ) се определя от взаимодействието на три основни фактора:

- **напрегнатото-деформирано състояние на масива**, което включва в себе си познаването на естественото му (природното) напрегнато състояние и

индуцираното поле на напрежения, вследствие експлоатацията на рудните жили;

- **геоложкия строеж, структурните особености и физикомеханичните свойства на скалите**, характеризиращи механичното състояние на масива;
- **ефектите от технологичните въздействия** върху горните фактори и устойчивостта на системата ВМ/ПИ, вследствие експлоатационните работи.

Настоящата геомеханична оценка налага отчитането на още няколко специфични (но немаловажни) обстоятелства като: времетраенето и интензитета на експлоатационния процес, времетраенето и начина на техническата ликвидация и последиците и във времето за състоянието на системата (липсва поддържане на изработките, липсва водоотлив) изменението на хидрогеоложките условия, както и планетарни явления (климатични фактори, сеизмичност, движения на земната кора и др.).

I. Оценка на естественото напрегнато състояние (ЕНС) на масива в района на находище “Росен”

Компонентите на природното поле на напреженията може да бъде определено само и единствено чрез специализирани “in situ” измервания. Прегледът на предоставената и допълнително събрана, от нас, информация показва, че такива изследвания за находище “Росен” не са правени [1].

В условията на пълна неопределеност може да бъде използван метода на последователните приближения [2,3,4], който се състои в събиране, анализ и итеративно йерархично систематизиране на наличните признаци, по фактора “напрегнато състояние”, като посоката на движение е от регионален към локален формат.

A) Регионално поле на естествени напрежения. За характеризирането му са анализирани алтернативите:

(а) съществуват ли (или не) признаци и данни за действието на тектонско действащо напрежение в района на Бургаското рудно поле (БРП)?

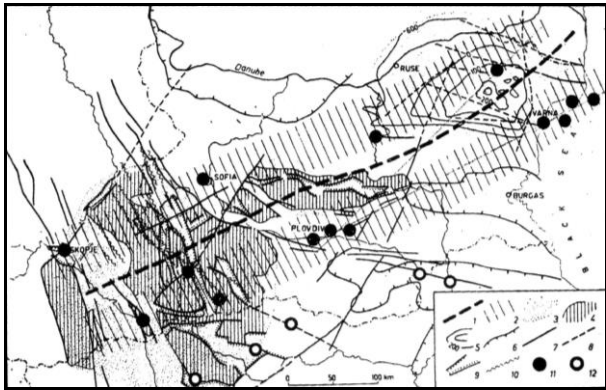
(б) ако такова напрежение съществува, каква е ориентацията му в равнината?

◆ Признаци:

- БРП се намира в източната част на Банат-Средногорската металогенна зона, където в земната кора е формирана депресия, запълнена с вулканоседиментни скали [5]. Скалният комплекс е изграден от ефузивни, субвулкански интрузивни скали, пронизвани от магматични тела [1]. Такива участъци от земната кора се характеризират с обстоятелството, че наред с гравитационната компонента в тях действат и **ТЕКТОНСКИ НАПРЕЖЕНИЯ** [6];
- БРП е разположено в зона на контрастни движения на земната кора, [7], което е установен признак [6] **ЗА ДЕЙСТВИЕТО НА СЪВРЕМЕННИ ТЕКТОНСКИ НАПРЕЖЕНИЯ**;
- БРП се характеризира с определен сеизмичен потенциал [7], който оценен комплексно, по геоложки и сеизмологични данни е 4 – 4,5 степен [9], което е

сигурен ПРИЗНАК ЗА ПРИСЪСТВИЕ НА ТЕКТОНСКО (ХОРИЗОНТАЛНО) ДЕЙСТВАЩО НАПРЕЖЕНИЕ [8].

На фиг.2 е показана карта на сеизмоактивните зони на страната, както и местоположението на епицентрите, с най-висока магнитуда. Наред с факта, че в такива зони **ДЕЙСТВАТ СЪВРЕМЕННИ ТЕКТОНСКИ НАПРЕЖЕНИЯ**, тези данни могат да бъдат използвани за първа реконструкция на разпределението на тектонското поле [3,4,8]. Установено е [3,4,8,10], че максималното тектонско напрежение е ортогонално на изолинията, свързваща епицентрите на сеизмична активност.



Фиг.2. Карта на разположението на епицентрите на главните земетресения с най-високи магнитуди [9]

От фигура 3 е видно, че изолинията, свързваща епицентрите, разположена най-близо до проблемния район има ориентация $A = 65^\circ$, СИ. Ориентацията ѝ е в съгласие с оста на Диагоналния вал (дебелия пунктир), към чийто флангове са привързани както епицентрите на високомagnitude земетресения, така и структурите на Централнобалканския свод, свързани дълбочинното разломяване на земната кора на Централния Балкан [9,7].

Основните изводи от извършеното проучване са:

- ◆ Регионалното поле на естествени напрежения е от тектонски генотип.
- ◆ Разпределението на тектонските компоненти показва, че максималното хоризонтално/субхоризонтално напрежение е с ориентация СЗ-ЮИ, респективно минималното е с посока СИ-ЮЗ.

Полученото разпределение е в най-общо съгласие с една качествена оценка на посоката на тектонския натиск, определена на база анализ на движенията на крилата на разломите на БРП [5]. Там се предполага, че максималното тектонско напрежение е със субекваториална, а минималния натиск е със субмеридиална посока.

Б) Локално поле на естествени напрежения:

Възстановяването на полето на действащите напрежения може да се извърши чрез анализ на тектониката на разкъсване [2,4]. Най-общо казано, метода се базира на анализ на елементите на залягане на тектонските разломи, които дават ориентацията на главните напрежения в равнината [9].

При анализа се използват разломите от еднакъв ранг (съизмерими с размерите на участъците), с еднотипни придвижвания по равнините на разкъсване, развити до

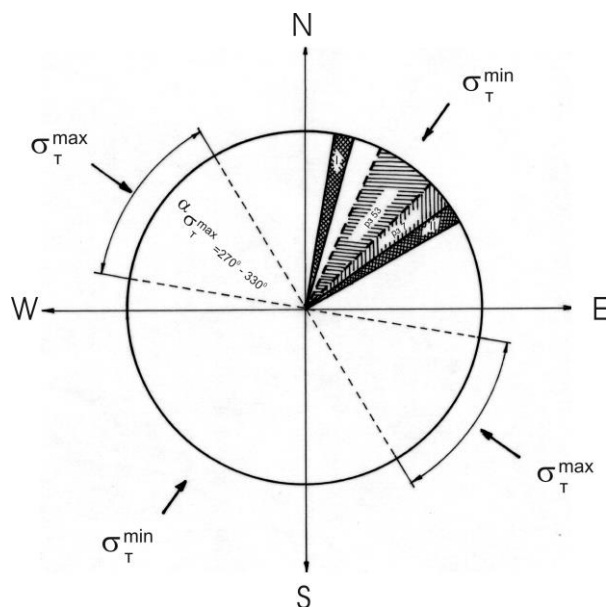
дълбочини 600-1000 m (доказано чрез проучвателно сондиране). Като допълнителен критерий за ориентацията на максималния тектонски натиск са използвани големините на ъглите между системите разломи [3,8].

Резултатите от възстановяването на локалното поле на естествени напрежения са показани на фиг.3.

На фигурата е нанесена сводната диаграма на простиране на разломите с еднакъв ранг, ориентацията на главните тектонски напрежения, както и интервала на възможните стойности на азимута ($\alpha_{\sigma_T}^{\max} = 270^\circ - 330^\circ$), при който е възможно образуването на разломите от системи I и II.

Изводи

- ◆ Полетата на напрежения в участъци "Росен" и "Станханов" са от тектонски генотип.
- ◆ Тектонският строеж на участъците е формиран в сходни условия и мащабите на разглежданата територия позволяват да се приеме, че полето е достатъчно еднородно за находище "Росен".



Фиг. 3. Реконструкция на локалното поле на напрежения

- ◆ Ориентацията на тектонските компоненти, според извършената реконструкция е както следва:
за $\sigma_T^{\max} \longrightarrow A = 280-330^\circ$ (СЗ) – максимален натиск;
за $\sigma_T^{\min} \longrightarrow A = 10-65^\circ$ (СИ) – минимален натиск, (относителен опън);
- ◆ Разпределението на локалното поле е в съгласие с определеното в т. А разпределение на регионалното поле.

Анализ на естественото поле на напрежения. Напрегатното състояние на скалния масив в находището е комбинация от взаимодействието на две компоненти на напрежения – гравитационна и тектонска. Гравитационната компонента е леко определима. Ако се отчете дълбочината на водените минни работи, при средна обемна плътност

на изграждащия комплекс $\gamma_{cp} = 0,028 \text{ MN/m}^3$, гравитационната компонента $\sigma_{\gamma H}$ – се изменя от ~ 0 (на повърхността) до 22-23 МПа на дълбочина 800 m; (р.ж. 37), която стойност е близка до граничната якост на скалите в дълбоките хоризонти.

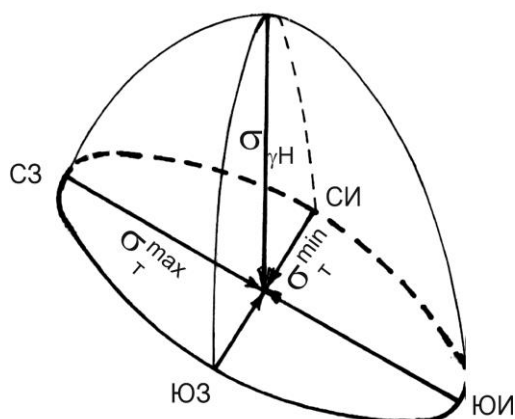
Тектонската компонента съдържа в себе си два елемента:

- остатъчни напрежения – възникнали в периода на тектонските въздействия в геоложкото минало, действащи най-вече около разломните структури;
- напрежения от съвременни тектонски процеси (доказвани от издигането на земната кора в района на Бургаската депресия с 1 mm/год). [7,9].

Тектонската компонента не може да бъде определена без специални измервания. Важно е обстоятелството, че тя се наслага към хоризонталните напрежения от страничния отпор и големината ѝ зависи от много допълнителни фактори (релеф, свойства, дълбочина и т.н.). Нейното влияние трябва да се отчита за всяка конкретна ситуация, което в случая се затруднява от изброените в началото неопределености. Може по допълнително установени факти да се предположи само, че е по-вероятно съотношението

$\frac{\sigma_{\gamma H}}{\sigma_T}$ е положително. Предположението е базирано на сравнително малките амплитуди на вертикалните издигания на земната кора [9,7].

Конфигурацията на естественото поле, в находище “Росен”, има форма на елипсоид, показан на фиг.4, с оси $\sigma_{\gamma H}$, $\sigma_T^{\max}$ и $\sigma_T^{\min}$, изменящи амплитудите си в зависимост от дълбочината, свойствата, релефа, структурните особености на строежа и характеристиките на естествената напуканост на масива.



Фиг. 4. Конфигурацията естественото поле на напрежения в находище “Росен”

II Строеж и физико-механически характеристики на скалния масив

- **Строеж:** Районът на находището е изграден от магматични скали, които са отнесени към две ясно обособени по възраст и условие на образуване комплекса – сенонски вулканогенен и интрузивен. Първият е с голяма мощност и основно е изграден от потоци лавови скали, редуващи се с агломератни, лапилни и пепелни туфи. По състав потоците

са трахибазалти, андезитобазалти и андезити. Рудоносните разломи са развити главно във вулканските скали, в тях са вложени почти всички рудни жили, като рудните натрупвания са главно в дълбочинните части на разломите. Скалите около рудните жили са пиритно пропилизирани, следват пирокластитите, изграждащи пачки от пепелни туфи с дебелина от един до няколко метра. След това следва интрузивния комплекс, после терциера и кватернера. Интрузивният комплекс е изграден от скали от сиенитомонцитовата група. По-късно се образуват дайковите скали, които процепват скалите на сенонския ефузивен комплекс в посока И-СИ. Терциерът е представен от нечисти неогенни варовити глини, съдържащи ядки от плътни или зърнести варовици. Мощността е неизвестна [12]. Кватернерът е представен от чакъли, пясъци и глини с мощност 10-15 m, над който е покривката от почвен слой с дебелина приблизително 1 m. Скалният масив е със сложен строеж, подлаган на многократни тектонски въздействия и в дорудния и следрудния периоди, формирали блоковата му структура, развита в дълбочина от 250 до 450 m, като разделящите блоковете тектонски пукнатини са с глинесто запълнение. Налице са прояви на голям брой разседи, смачквания, стривания и хлъзгати огледала.

- **Нарушеност:** В масива преобладава блокова напуканост, формирана от пластови, надлъжни и напречни пукнатини. Пластовите пукнатини са полегати, а надлъжните и напречните са стръмни. В пълнежа на рудоносните структури са установени глини, както и в повечето от пукнатините. В резултат от тектонските въздействия са проявени голям брой разседи, смачквания, стривания и смялания [5,12]. Тектонските пукнатини се разкриват на дълбочина от 250 до 450 m, като напукаността е интензивна и неравномерна. В използваните от нас източници е цитирано едно изследване на напукаността на масива, в което е установено, че в находище “Росен” са развити пет системи пукнатини, които са със следните параметри на ориентация*

I–135°/70°; II–308°/78°; III–33°/70°; IV–270°/54°; V–2°/80°.

Налагането на разпространението на системите пукнатини, спрямо ориентацията на главните рудни зони показва, че за находище “Росен” системи III и V са успоредни на рудообладаващите разломи; системи I и II са перпендикулярни, а система IV, сече косо основните рудни жили.

- **Физико-механически свойства на скалите:** От предоставената и допълнително събрана информация за физико-механическите свойства на скалите са установени следните данни:

Обемната плътност на рудата е в границите $\gamma_p = 0,027-0,029 \text{ MN/m}^3$, а на вместващите скали – $\gamma_c = 0,025-0,027 \text{ MN/m}^3$.

Коефициентът на разбухване на вместващите скали е 1,8 – 1,85. Оценени са по устойчивост – III-V категория [1].

Скалният комплекс на находището е изграден от сравнително здрави скални разновидности, с лабораторна якост на натиск, изменяща се в диапазона 130-290 МПа ($\sigma_c^{\text{CP}} = 200 \text{ МПа}$). По-ниска е якостта на зоната на орудяване ($\sigma_c = 67 \text{ МПа}$) и на рудните жили – $\sigma_c \approx 150 \text{ МПа}$. Налице

* Ориентацията е записана като α/β , където α - азимут, [...°]; β - ъгъл на наклона на нарушението

е съществено намаляване на лабораторната якост на скалите в нарушения масив, където тя е в границите 31 – 140 МПа $\sigma_c^{MCP} \approx 70$ МПа. Съществено е влиянието на структурните нееднородности от различен ранг и върху якостта на опън σ_t и кохезията C [1]. Данните за физикомеханическите свойства са дадени по литоложки тип без да са конкретизирани местата, откъдето са взети пробните тела.

– **Хидрогеоложки условия:** Прегледът на наличната информация характеризира находището като слабоводообилно [1,12]. Подземните води са от два типа – пукнатинно-грунтови и пукнатинно-жилни.

Пукнатинно-грунтовите води са в сенонския комплекс, разкриващ се до повърхността. Водопроводящите пукнатини, образуват гъста мрежа изветрели, взаимно пресичащи се нарушения, с разкритие 1-2 см, развити на дълбочина до 10-15 m [12]. Една част от тези води захранват малки, низходящи извори, другата захранва пукнатинно-жилните води. Подхранването им е основно от валежите, дебитът им е различен. Максимумът му е през м. юни и м. декември, минимумът – през м. август, като не надхвърля 1-2 l/s. Посоката им е от възвишенията към долините, като долната им граница е ерозионния базис.

Пукнатинно-жилните води на дълбоката циркулация се формират на дълбочини 250-450 m, в зоната на разпространение на тектонските нарушения, като при това няма обособени водоносни хоризонти [12]. Движението им е турбулентно и ламинарно, и съвпада с посоката на разпространение на тектонските разломи и пукнатини. Подхранват се основно от горезалягащите пукнатинно-грунтови потоци на плитката циркулация и атмосферните валежи. Дебитът им е 1-2-5 l/s [12]. Обводнеността на находището се реализира основно чрез капеж от горнището и стените на изработките, при пресичането им с рудните жили. На места има изтичане на струи с дебит 0,5-1,0 l/s, като в най-ниските части на находището водата изтича под напор. Подземните води са агресивни и кородиращи, по състав са от пресни до слабо минерализирани, предимно хидрокарбонатно-хлоридно-калциево магнезиеви.

– **Орография.** Релефът в района на находището е вълнообразен и слабо разчленен. Главната орографска единица е Меден рид, отстоящ на ЮИ от проблемната зона. Най-високите върхове са Голем Росенски баир и Меден рид, чиито върхове са ниски и заоблени.

III. Характеризация на скалния масив

По данните за якостните свойства на зоните за орудяване строежа и структурната нарушеност на скалите, от нас са приложени многопараметровите класификации (RMR, NGI, MRMR и MBR) за характеризация на “качеството” [14] и механичното състояние на масива, в районите на експлоатация на участък “Росен”. При анализите, поради отбелязаните неопределености, са търсени по две оценки за качеството на скалния масив – песимистична и оптимистична, дадени са крайните резултати, без да се излагат междинните определения, изложени в [9].

► За определяне на времето, за което една незакрепена изработка ще бъде устойчива, необходимостта от закрепване и неговия вид са използвани класификациите на Bienjawski (RMR) и Barton (NGI).

– За тектонски отслабените зони, рейтингът на скалния масив е $RMR_{min} = 30$, съответно $RMR_{max} = 60$. Съгласно тези оценки, скалите са съответно IV и III клас. Незакрепена изработка с ширина 2 m ще бъде устойчива по-малко от 10 часа (за $RMR = 30$) и до 20 дни при $RMR = 60$. При широчина на изработката 3 m, времето ѝ на стоене ще бъде съответно няколко часа за ниския рейтинг (клас IV) и седмица за оптимистичния рейтинг.

– Класификационната система на Barton, определя качеството (Q) на скалния масив. Тя е подетайлна от горната, но тя оценява необходимостта от крепеж и препоръчва типа му, в зависимост от стойностите, получени за Q. За приетите изходни данни $Q_{min} = 0,33$, съответно $Q_{max} = 1,87$. Изработките, пресичащи отслабените зони изискват закрепване, като съгласно класификацията се препоръчва лек до среден крепеж и анкери при пресичането им, със стъпка на анкерите, в зависимост от големината на Q.

► Класификациите MRMR (Mining Rock Mass Rating) на Laubsher и MBR (Modified Basic RMR) на Kendorski са широко използвани в минната практика [13,14]. Основани са на класификацията на Bienjawski.

– На база определяне големината на MRMR и хидравличния радиус на изетото пространство в зоната на пропадането. Класификацията позволява оценка на склонността на масива към обрушаване. В конкретния случай за MRMR от IV-III клас (25/53) отнасят обрушаемостта на вместващите скали към добра до приемлива, при хидравличен радиус $R_h = 13/25$. Класификацията препоръчва като най-приложима системата с обрушаване на горнището, междувпрочем съвпадащо с практиката на рудника.

– Класификацията MBR е връзка между RMR и MRMR и се използват за оценка на начина на закрепване на изработките, когато за експлоатация се използва системите с обрушаване. Получените песимистични и оптимистични стойности на $MBR_{min} = 23$, съответно $MBR_{max} = 50$, предоставят за закрепване на обслужващите изработки дървен или анкерен крепеж с рядка стъпка, на отделни места в районите на тектонските зони.

Изложеният анализ трябва да се приема като първо приближение, поради обстоятелството, че някои от основните параметри, заложи в класификационните схеми са определяни експертно (RQD и характеристиките на напуханост от нисък ранг).

Независимо от казаното, резултатите от характеризирането на масива са в съответствие с изложеното в [1] относно прилаганата технология на добива, системата на разработване, начина на управление на скалния натиск и поддържането на единичните минни изработки, обслужващи експлоатацията на рудник “Росен”. За целите на геомеханичната оценка тези параметри са приети като интегрални характеристики на средата. Физикомеханическите

характеристики на скалите, структурната нарушеност, класификациите, генотипът на полето на напрежение и миннотехническите условия дават основание да се прогнозира механизма на разрушаване на масива. На дълбоките хоризонти са възможни разрушавания от превишаване на якост, докато с намаляване на дълбочината, загубата на устойчивост на системата ВМ/МИ ще е обусловена от структурни придвижвания по равнините на нарушенията.

IV. Технологични въздействия. Движение на скалите

Минните работи изменят напрегнато-деформираното състояние на масива. В зависимост от прилаганата технология, мощността на изземване, дълбочината и интензивността на експлоатация в масива възникват места с концентрация на напрежения, в скалите от горнището възникват напрежения на опън. В тези участъци настъпват локални разрушавания, след което сработват зоните съдържащи нарушения от нисък ранг. Нарушеността на масива от нисък ранг има важно значение за неговата устойчивост, тъй като тя обуславя механиката на структурните разрушения [6]. Зоните на загуба на устойчивост нарастват, въвлечат се нарастващи обеми повлиян масив и вместващите скали започват да се деформират, преместват и движат към иззетите пространства. Интензивността на движение на скалите при стръмнотезападаци рудни жили, тектонско поле на напрежения, големи размери и сложна конфигурация на иззетите пространства е висока.

Движенията на скалите са основна проява на механическите процеси, протичащи в масива, след нарушаване на неговото равновесно напрегнато състояние. Основни параметри на движението на скалите са ъглите на движение и разкъсване.

Факторите, влияещи на процеса на движение могат да се разделят на две групи – нерегулируеми и управляеми [1,8,13].

- ◆ Към групата на нерегулируемите фактори се отнасят:
 - ъгълът на западане на рудните жили, определящ ъгловите параметри и разпределението на деформациите на мулдата;
 - дълбочина на минните работи – влияеща върху всички видове деформации на масива;
 - механични свойства и структурни особености на масива – имат пряко влияние върху всички параметри на движение;
 - нарушеност на масива – влияе на големината на деформациите и разпределението им в мулдата на движение;
 - релефът и гидрогеоложките условия определят характера и развитието на процеса на движение.
- ◆ Към управляемите фактори, детерминиращи процесите на движение спадат:
 - изземвана мощност, определяща размера на зоната на движение и деформациите на земната повърхност;

- начин на управление на скалния натиск (крепене, обрушаване, запълване) – влияе на големината на сляганията и деформациите;
 - размерите на добивните пространства, тяхната конфигурация и разположение в план и по вертикала – имат правопрпорционално влияние върху характера и големината на параметрите на процеса;
 - скорост на изземване – определя интензивността и продължителността на процеса;
 - целици (или неиззети участъци) – влияят върху разпределението на деформациите в мулдата на движение;
 - ред на водене на минните работи – определя параметрите и характера на процеса.

В използваната информация има само една група данни [11, 15], третираща определянето на параметрите на процеса на движение в рудник "Росен".

Няма данни от инструментални наблюдения за възникването на плавните движения и безопасни деформации. Не са открити данни за времето на възникване, характера, геометрията, размерите и измененията на реализираните се провадания на земната повърхност. Ъглите на движение и разкъсване, определени през периода 1958-1971 г., не отговарят на изменените миннотехнически и геомеханични условия на разработване на находище за етапа, който се анализира.

Цитираните по-горе и обявени в [11,15] изследвания дават само крайните резултати и не позволяват анализ, което отнася находище "Росен" към обектите с неизучен процес на движение на скалите.

V. Анализ на геомеханичната ситуация в зоните на провадане на терена

Състоянието на устойчивост на системата „вместващ масив/подземни изработки“ в геомеханиката се оценява на база отношение между якостните свойства на масива и големината на действащите напрежения, индуцирани от технологичните въздействия [2]. Това означава конкретни данни за деформационните свойства на скалите за якостта натиск, опън, на тангенциалната якост на нарушенията, размери на структурния блок, пространствени размери на иззетите пространства, разположение на литоложките разновидности на вмествания масив и т.н.

В конкретния случай, поради липсата на данни, параметрична оценка не може да бъде извършена и при настоящия анализ ще се ограничим до разглеждането на качествената картина на геомеханичната ситуация и възможното развитие в отделните участъци.

Основната за участък "Росен" рудна зона 7 (в.ж. фиг.1), е ориентирана на С-СИ и стръмнотезападаща на И-ЮИ. В зоната са концентрирани две групи разломи, от които първата са със С-СИ ориентация ($A=10-15^\circ$), от втората, т.нар. И-СИ група имат азимут $A=55-60^\circ$. Разломите от втората група са по-неиздържани. Една част от оперяващите и по-

дълбоко залягащите маломощни рудни жили са развити повече в широчина, отколкото във височина.

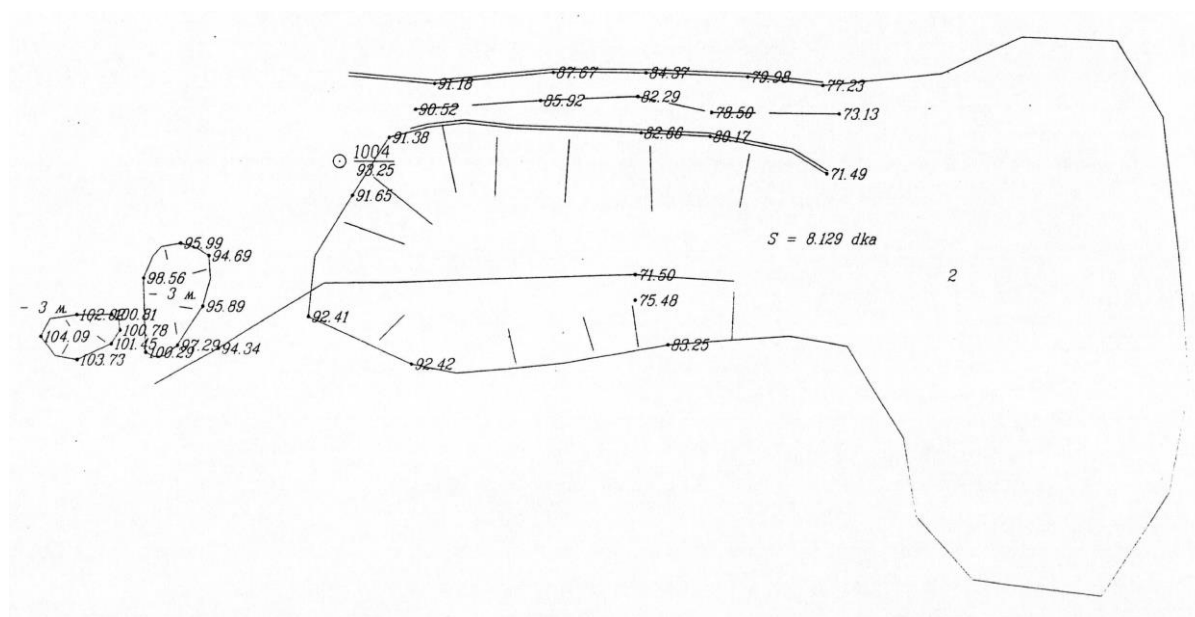
Главните рудни жили във висящия блок са 1 и 2, второстепенните са №№ 32, 33 и 40. В лежащия блок са разположени р.ж. №№ 3 (главна), 1, 12 и 41. Мощността на първата група разломи е от няколко, до 50-60 m, на второстепенните – от 0,2 до 5 m.

Районът се характеризира с концентрация на мащабни минни работи, обусловени от сближените, сравнително мощни, стръмно залягащи, рудни жили на висящия и лежащия блокове. Те са създавали условия за припокриване на отработени пространства във височина, което усложнява разпределението на напрегнато-деформираното състояние на масива. Повърхността на района основно е непълно площно подработена, а горницата на повечето от експлоатационните блокове са плитко заложени. Прилаганите системи за изземване са: със запълване и обрушаване на

отработеното пространство с относителен дял 56%, приблизително 19,6 % са неиззетите (рудни и безрудни обеми) и около 28% е делът на системата с подетажно обрушаване. С изключение на свързващите травербани, мрежата от капитални минни изработки е неблагоприятно ориентирана относно направленията на действие на тектонските напрежения. Иззетите пространства, развиващи се главно в направление СИ, също са с неблагоприятна ориентация, относно направленията на главните тектонски компоненти, което намалява устойчивостта им.

Сумарната площ (фиг. 5) на пропадащите участъци, по геодезическата снимка¹, е около 10 dka. Според последното замерване най-голямо е нарушението на терена в района на район "Дядо Тома" (над 8 dka).

¹ По наше искане през м. септември 2005 са извършени допълнителни измервания на нарушените терени



Фиг. 5. Участък "дядо Тома"

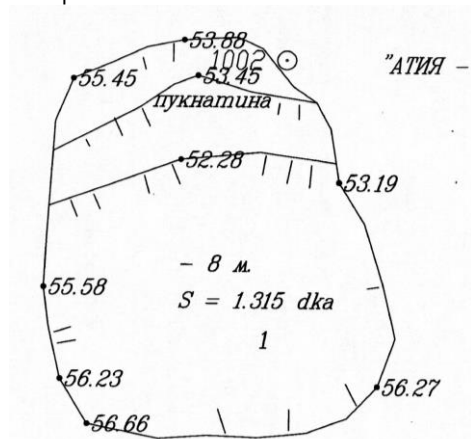
За нужите на оценката са извършени обобщени разчети за височината на развитие на зоната на обрушаване и на образуване на пукнатини, съгласно [15]. За иззетите пространства на висящия блок, зоните на обрушаване ще се развиват от горницата на иззетите пространства във височина от 66 до 97-100 m и съответно на 50-70 m над горната граница на добивните пространства от лежащия. Фактическата дебелина на покриващия комплекс в участъка, се изменя от 10-20 до 60 m, но трябва да се отчете, че в нея участва и дебелината на слоевете на терциера, кватерна и хумусния почвен слой, които се изключват при разчета, съгласно използваната методика.

Изложеното тук предопределя неравномерност на съпътстващите минни работи движение и разуплътняване на значителни обеми повлиян масив и неустойчивост на покриващия комплекс скали над иззетите пространства, които по стечение на обстоятелствата, в горните етажи основно са запълвани. Известно е, че при технологията със запълване, движенията са с 10-12% по-високи отколкото при системата с обрушаване на горницата [5]. Това неблагоприятно

съчетание на природни и техногенни фактори с негативно въздействие върху устойчивостта на масива е обусловило разкъсванията, които са със значителна площ и дълбочина. Пропадането на мулдата на район "Дядо Тома", по последни данни е от 3-12 m. Механизмът на разрушаване на масива е аналогичен на описания по-горе. Разрушенията са структурни, предизвикани от подсечени от експлоатацията пропадащи блокове, придвижващи се по равнината на тектонските нарушения.

Теренът, покриващ Росенското руднично поле съдържа още едно по-малко по площ (1315 m²) пропадане, в района на р.ж.11 (фиг.6). Пропадането отстои на около 700 m северно от пропадането над рудна жила 3. Отработената площ на жилата е около 4800 m². Дебелината на покриващия слой скали е около 20 m. Обобщените разчети показват, че при непълната подработка и ефекта от запълването, зоната на обрушаване ще се развива над 8 m, а нарушената зона има мощност над 12 m. Мрежата минни изработки е развита в неблагоприятно направление. Първата оценка предполага обрушение на повърхността вследствие

вие пропадане на комин 91. Анализът на НДС и характера на пропадането, обаче показват, че загубата на устойчивост е вследствие подработване на повърхността. Наред с малката дълбочина на залягане на иззетите пространства, тяхната геометрия и ориентация, и начина на управление на горнището им (запълване) всички те вероятно са инициаторите на обрушаване от структури, съответстващо на механизма на разрушаване на гореописаното нарушение на терена.



Фиг. 6. Участък Атия

VI. Заключение:

1. В резултат на съчетаването на специфични геоложки, геомеханични, минно технически фактори и дългогодишните въздействия на мащабни и интензивни добивни работи естественото напрегнато състояние на масива е нарушено. Системата „вместващ масив/подземни изработки“ е загубила устойчивост, развили са се процеси на разуплътняване, отслабване, движение и разрушаване на скалите, които са достигнали до повърхността. Теренът над иззетите пространства е нарушен от площни разкъсвания и пропадания в дълбочина.
2. С достатъчна достоверност може да се приеме, че механизмът на разрушаване на масива в зоните на пропадане не е от превишаване на якост, а е разрушаване от структури. Обрушаванията на земната повърхност се дължат на придвижването на различни по големина и форма структурни блокове, към иззетите пространства, по равнините на подсечените тектонски нарушения.
3. В зоните на разкъсване и пропадане е определящо влиянието на тектонските компоненти и тангенциалната якост на нарушенията. С отчитане на това обстоятелство може да се прогнозира, че зоната на разкъсване на „Дядо Тома“ ще се развива в направление СИ – ЮЗ, до покриване на двете помалки пропадания.
4. Тектонският генотип на природното поле на напрежения, строежа, нарушеността на масива и пространственото разположение на подземните изработки обуславят характера и развитието на мулдата на движение. Тя е несиметрична, движенията са екстремно развити и ъглите на разкъсване и движение са максимални. Границите и са стръмни и съвпадат с ъглите на разкъсване, обусловени от припокри-

ващите се във вертикала иззети добивни пространства.

5. Тектонският характер на полето на напрежения, процесите на движение и механизмът на разрушаване обуславят като най-подходящ метод за техническа рекултивация уплътняването на покриващия комплекс чрез запълването на пропаданията с доставени скали. Запълнението ще стабилизира земната повърхност и ще запази нейната устойчивост на задоволително ниво.
6. Техническата рекултивация на терена трябва да е съпроводена от маркшейдерски наблюдения и изпълнението ѝ трябва да е контролирано с мониторинг на процеса на движение на скалите, по реперни линии, ориентирани по осите на зоните на разкъсване, съвпадащи с направлението на тектонските компоненти на напрежения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническа ликвидация на рудник „Росен“ – работен проект, КНИППИ „НИПРОРУДА“, 1993 г.
2. ТУРЧАНИНОВ И. А. и др. „Основы механики горные пород“ Недра, 1989
3. BEYTH F. G. H. „A Geology for Engineers“, 1988, W & Sons
4. Методические рекомендации по изучению НДС горных пород“ МР41-06-079, 1986
5. „Геология и металогения на Бургаския руден район“, ред. П. Попов, трудове МГУ, 1993 г.
6. „Тектонические напряжения в земной коре и устойчивость горных выработок“ Л. НАУКА, 1978
7. BONCEV E. „Seismotectonic features of Bulgaria“ *Geologica Balcanica*, 12.2.1982
8. HERGET, G. „Stresses in Rock“ A. A. Balkema, 1982
9. ДПСД към работен проект „Техническа и биологическа рекултивация на терени и отвали след ликвидацията на рудник „Росен“, част I „Геомеханична оценка за пропаданията от дейността на рудник „Росен“, Бургаски медни мини ЕАД“, С. 2005г.
10. МАРКОВ Г. А. „Тектонические напряжения и горное давление в рудниках Хибинского массива“ Л. НАУКА, 1987
11. ХРИСЧЕВ Г. и др. „Опазване на съоръженията и обектите от вредното влияние на подземните минни работи“ ТЕХНИКА, 1978
12. Хидрогеоложки и температурни изследвания на рудниците в мините „Росен“ и „Върли бряг“, Бургаски окръг, ВМГИ-НИС, 1966
13. НОЕК Е. et all „Support of Underground Excavations in Hard Rock“ A. A. Balkema, 1995
14. МИЛАНОВИЧ П. и др. „Класификације стенског масива њихова примена, Београд, 1997
15. „Инструкция за опазване на съоръженията и обектите от вредното влияние на подземните минни работи за условията на рудните находища“ КНИППИ „НИПРОРУДА“, 1989

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