

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП  
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**

---



**Природни ресурси и технологии  
Natural resources and technologies**

**декември 2018  
December 2018**

**ГОДИНА 12  
БРОЈ 12**

**VOLUME XII  
NO 12**

---

**UNIVERSITY "GOCE DELCEV" – STIP  
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

---

**ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ**  
**NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGIES**

**За издавачот**

Проф. д-р Зоран Десподов

**Издавачки совет**

Проф. д-р Блажо Боев  
Проф. д-р Зоран Панов  
Проф. д-р Борис Крстев  
Проф. д-р Мирјана Голомеова  
Проф. д-р Благој Голомеов  
Проф. д-р Зоран Десподов  
Доц. д-р Дејан Мираковски  
Проф. д-р Кимет Фетаху  
Проф. д-р Ѓорѓи Радулов

**Editorial board**

Prof. Blazo Boev, Ph.D  
Prof. Zoran Panov, Ph.D  
Prof. Boris Krstev, Ph.D  
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D  
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D  
Prof. Zoran Despodov, Ph.D  
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D  
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D  
Prof. Gorgi Radulov, Ph.D

**Редакциски одбор**

Проф. д-р Зоран Панов  
Проф. д-р Борис Крстев  
Проф. д-р Мирјана Голомеова  
Проф. д-р Благој Голомеов  
Проф. д-р Зоран Десподов  
Доц. д-р Дејан Мираковски

**Editorial staff**

Prof. Zoran Panov, Ph.D  
Prof. Boris Krstev, Ph.D  
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D  
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D  
Prof. Zoran Despodov, Ph.D  
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D

**Главен и одговорен уредник**

Проф. д-р Мирјана Голомеова

**Managing & Editor in chief**

Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D

**Јазично уредување**

Вангелија Цавкова  
(македонски јазик)

**Language editor**

Vangelija Cavkova  
(macedonian language)

**Техничко уредување**

Славе Димитров  
Благој Михов

**Technical editor**

Slave Dimitrov  
Blagoj Mihov

**Редакција и администрација**

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип  
Факултет за природни и технички науки  
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип  
Р. Македонија

**Address of the editorial office**

Goce Delcev University - Stip  
Faculty of Natural and Technical Sciences  
Goce Delcev 89, Stip  
R. Macedonia

---

## С о д р ж и н а / C o n t e n t s

<b>Ванчо Аџиски, Дејан Мираковски, Зоран Десподов, Стојанче Мијалковски</b> ПРИМЕНА НА ПЛАНОВИТЕ ЗА УПРАВУВАЊЕ ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА СО ПОСЕБЕН ОСВРТ НА ВЕНТИЛАЦИЈАТА APPLICATION OF MANAGEMENT PLANS IN UNDERGROUND MINES WITH EMPHASIS TO VENTILATION .....	5
<b>Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Ванчо Аџиски, Николинка Донева</b> ОДРЕДУВАЊЕ НА ПОКАЗАТЕЛИТЕ ЗА ИСКОРИСТУВАЊЕ И ОСИРОМАШУВАЊЕ НА РУДАТА СО ЛАБОРАТОРИСКИ ИСТРАЖУВАЊА DETERMINATION OF THE INDICATORS FOR ORE RECOVERY AND ORE DILUTION WITH LABORATORY RESEARCH .....	15
<b>Ристо Поповски, Благица Донева, Марјан Делипетрев, Ѓорги Димов</b> ИСТРАЖУВАЊЕ НА ПЛИТКИ ПОДЗЕМНИ ВОДИ СО ГЕОЕЛЕКТРИЧНО КАРТИРАЊЕ INVESTIGATION OF SHALLOW GROUNDWATER WITH GEOELECTRICAL MAPPING .....	25
<b>Благица Донева, Марјан Делипетрев, Ѓорги Димов</b> ГРАВИМЕТРИСКИ ИСТРАЖУВАЊА НА НАОЃАЛИШТА НА НАФТА И ЈАГЛЕН GRAVITY INVESTIGATIONS OF DEPOSITS OF OIL AND COAL .....	37
<b>Tena Sijakova-Ivanova, Kristina Atanasovska, Sara Nedanovska, Angela Velinovska, Aleksandra Maksimova</b> MINERALOGICAL CHARACTERISATION OF TITANITE FROM ALINCI, REPUBLIC OF MACEDONIA МИНЕРАЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТИТАНИТ ОД АЛИНЦИ, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА .....	45
<b>Ivan Boev</b> ORPIMENT MINERALIZATIONS IN TUFFACEOUS DOLOMITES IN ALLCHAR DEPOSIT-SEM-EDS INVESTIGATIONS МИНЕРАЛИЗАЦИЈА НА АУРИПИГМЕНТ ВО ТУФОЗНИТЕ ДОЛОМИТИ ВО НАОЃАЛИШТЕТО АЛШАР-SEM-EDS ИСПИТУВАЊА .....	53
<b>Орце Спасовски, Даниел Спасовски</b> МИНЕРАЛОШКО – ПЕТРОГРАФСКИ И ХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГРАНИТОИДНИТЕ КАРПИ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ МАЖУЧИШТЕ (ЗАПАДНА МАКЕДОНИЈА) MINERALOGICAL - PETROGRAPHIC AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE GRANITOID ROCKS FROM THE LOKALITY MAZUCISTE, WESTERN MACEDONIA .....	59
<b>Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Благој Голомеов</b> АКТИВЕН ТРЕТМАН НА РУДНИЧКИ ВОДИ ACTIVE MINE WATER TREATMENT .....	69
<b>Митко Јанчев, Иван Боев</b> ЕКОЛОШКАТА ЖЕШКА ТОЧКА – ДЕПОНИЈА ЗА ИНДУСТРИСКИ ОТПАД „ХИВ-ВЕЛЕС“ МИНЕРАЛОШКИ, ГЕОХЕМИСКИ И РАДИОХЕМИСКИ ИСТРАЖУВАЊА ENVIRONMENTAL HOT SPOT – LANDFILL FOR INDUSTRIAL WASTE “HIV-VELES” MINERALOGICAL, GEOCHEMICAL AND RADIOCHEMICAL RESEARCH .....	77

---

<b>Сашка Богданова Ајцева, Зоран Десподов</b> ИСТРАЖУВАЊА ЗА УТВРДУВАЊЕ НА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ИЗБОР НА ЛОКАЦИЈА ЗА ПРЕМИНИ НА ЖИВОТНИ ПРЕКУ ТРАНСПОРТНИ ИНФРАСТРУКТУРНИ ОБЈЕКТИ INVESTIGATION IN DETERMINATION OF THE METHODOLOGY FOR CHOICE OF LOCATION OF BIO CORRIDORS FOR ANIMALS ACROSS INFRASTRUCTURAL TRANSPORT OBJECTS .....	85
<b>Тоше Ѓорѓиевски</b> СОСТОЈБИ И ПЕРСПЕКТИВИ ЗА ТРЕТМАН НА МЕДИЦИНСКИ ОТПАД ВО ИСТОЧЕН ПЛАНСКИ РЕГИОН CONDITIONS AND PERSPECTIVES FOR TREATMENT OF MEDICAL WAST IN THE EAST PLANNING REGION .....	97
<b>Офелија Илиева, Крсто Блажев</b> ЛОГИСТИКА И СТРАТЕГИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВО НА УКРАСЕН КАМЕН LOGISTICS AND STRATEGIES IN PRODUCTION OF DECORATIVE STONE .....	107
<b>Екатерина Намичева, Петар Намичев</b> ЗНАЧЕЊЕТО НА СКОПСКИТЕ ПАЛАТИ ВО ФОРМИРАЊЕТО НА УРБАНИОТ РАЗВОЈ НА ГРАДОТ СКОПЈЕ ОД 1920-ТИТЕ ГОДИНИ THE SIGNIFICANCE OF SKOPJE'S PALACES IN THE FORMATION OF THE CITY'S URBAN DEVELOPMENT FROM THE BEGINNING OF THE 20TH CENTURY .....	113
<b>Vaska Sandeva, Katerina Despot</b> CONTEMPORARY INTERIOR WITH A STRONG ECLECTIC TREND СИЛНИ ЕКЛЕКТИЧНИ ДВИЖЕЊА ВО СОВРЕМЕНИТЕ ЕНТЕРИЕРИ .....	123
<b>Katerina Despot, Vaska Sandeva</b> BIDERMAER STYLE IN CONTEMPORARY INTERIOR ACCENT БИДЕРМАЕР СТИЛ АКЦЕНТ ВО СОВРЕМЕНИТЕ ЕНТЕРИЕРИ .....	129

# ОДРЕДУВАЊЕ НА ПОКАЗАТЕЛИТЕ ЗА ИСКОРИСТУВАЊЕ И ОСИРОМАШУВАЊЕ НА РУДАТА СО ЛАБОРАТОРИСКИ ИСТРАЖУВАЊА

Стојанче Мијалковски<sup>1</sup>, Зоран Десподов<sup>1</sup>, Дејан Мираковски<sup>1</sup>,  
Ванчо Аџиски<sup>1</sup>, Николинка Донева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Р. Македонија

UDC: 622.274.5'112:622.34.013

Апстракт

Стручен труд

Искористувањето и осиромашувањето на рудата се многу значајни показатели речиси кај сите методи за откопување, а посебно се важни кај Подетажниот метод за откопување со зарушување на рудата. Кај Подетажниот откопен метод со зарушување на рудата постои обратнопропорционална врска помеѓу искористувањето и осиромашувањето на рудата, односно со зголемување на едниот параметар се намалува другиот, и обратно. Со секој процент на зголемување на осиромашувањето и намалување на искористувањето, се појавува негативно влијание врз економската вредност на рудните резерви во наоѓалиштето, односно доаѓа до намалување на содржината на металот во рудата, а со тоа се зголемуваат производните трошоци за третирање на рудата и тоа од товарење во откопот до конечната преработка.

Во овој труд ќе бидат презентирани начините на кои може да се одреди меѓусебната врска помеѓу коефициентот на искористување и осиромашување на рудата кај Подетажниот откопен метод со зарушување на рудата во лабораториски услови.

**Клучни зборови:** руда, искористување, осиромашување, Подетажна откопен метод, подземна експлоатација, лабораториски истражувања.

## DETERMINATION OF THE INDICATORS FOR ORE RECOVERY AND ORE DILUTION WITH LABORATORY RESEARCH

Stojanche Mijalkovski<sup>1</sup>, Zoran Despodov<sup>1</sup>, Dejan Mirakovski<sup>1</sup>,  
Vancho Adjiski<sup>1</sup>, Nikolinka Doneva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Natural and Technical Sciences, University "Goce Delchev", Shtip, Macedonia

Abstract

Ore recovery and ore dilution are very important indicators in almost all mining exploitation methods, and are especially important in the sublevel caving mining method. In the sublevel caving mining method, there is an inverse proportion in the ore recovery and ore dilution, that is, by increasing one parameter the other is reduced, and vice versa. With each increased percent of ore dilution and reduction of ore recovery, there is a negative impact on the economic value of the ore reserves in the deposit, i.e., the content of metal in the ore is reduced, thereby increasing the production costs for treating the ore from loading to the final processing.

In this paper will be presented laboratory methods in which the correlation between the coefficients of ore recovery and ore dilution in the sublevel caving mining method can be determined.

**Key words:** ore, recovery, dilution, sublevel caving mining method, underground mining, laboratory research.

### 1. Вовед

Имајќи го предвид фактот дека геолошките резерви на корисни минерални сировини во светот од ден на ден сè повеќе се намалуваат поради сè поголемата побарувачка за метални, неметални и енергетски минерални сировини, а која пак е резултат на сè поголемиот економски раст на државите Кина, Индија, Русија, Бразил и др., и фактот дека минералното богатство е необновливо, проблемот за рационално искористување на геолошките рудни резерви при експлоатацијата е проблем кој никогаш не губи од своето значење и секогаш ќе биде актуелен [2].

Подземната експлоатација на минералните суровини во блиска и подалечна иднина, ќе се остварува во влошени услови за експлоатација на рудните наоѓалишта поради непрестајното опаѓање на содржината на металот во рудата, поместување на експлоатационите работи на сè поголеми длабочини и зголемување на инвестиционите и производните трошоци. Со цел за економична експлоатација и во наведените влошени услови, неопходно е да се решат редица техничко-технолошки проблеми. Еден од проблемите на кој му се придава најголемо значење е технологијата на откопување, а потоа и преработката на рудата [9, 10].

Кај подземната експлоатација на минералните суровини многу е важно да се постигне што поголемо искористување на минералните суровини, а притоа да има што помало осиромашување на корисната компонента. Големината на овие параметри зависи од: видот на наоѓалиштето, неговата моќност и регуларноста на простирање по правецот на протегање и падот, карактерот на контактот со придружните карпи и видот на методот на откопување [4].

Во овој труд се разгледани искористувањето и осиромашувањето кои се јавуваат кај Методот на откопување со зарушување на рудата. Успешната примена на Методот за подетажно зарушување, во најголема мера зависи од правилниот избор на основните параметри на Методот за откопување, од кои што најзначајни се: висината помеѓу подетажите, растојанието помеѓу подетажните ходници на една подетажа, моќноста на појасот за минирање, аголот на наклон на појасот за минирање, аголот на наклон на крајните дупкотини во „лепезата“, ширината и висината на подетажниот ходник [3].

Во пракса, за постигнување на подобри резултати при примена на овој метод, имаат влијание и други фактори, како што се: својствата на одминираната руда (гранулометрискиот состав, обликот на парчињата од минирана руда, присуството на честици кои што предизвикуваат лепливост на рудата, влажноста на рудата и др.), големината на збивање на рудата при минирањето, неправилностите при изведувањето на минирањето, применетиот тип на товарно-транспортната или товарната машина, длабочината на заривање на органот за товарење од товарната или товарно-транспортната машина, брзината на истекување на одминираната руда и др.

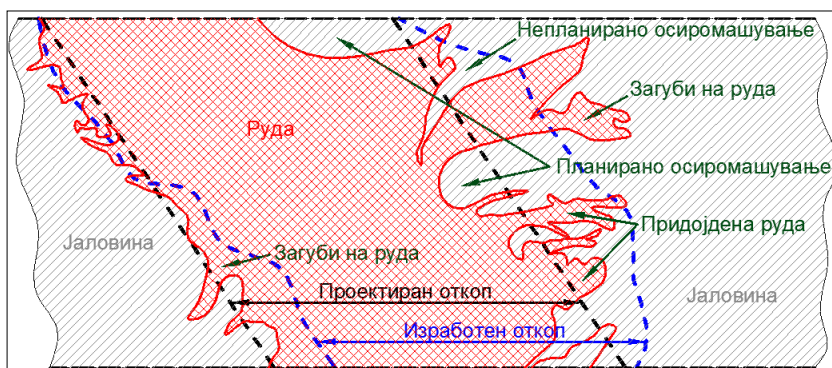
## **2. Искористување и осиромашување на рудата кај Подетажниот откопен метод со зарушување на рудата**

Методот на откопување со зарушување на рудата се карактеризира со заемна врска помеѓу искористувањето и осиромашувањето, која во овој случај е обратнопропорционална. Кај наоѓалишта со мала моќност, осиромашувањето може да биде предизвикано од неможноста за следење на контурата на наоѓалиштето, што може да биде и причина за појава на загуби на рудата. Кога се разгледува експлоатација на моќни рудни наоѓалишта, загубите и осиромашувањето на рудата се јавуваат првенствено во процесот на истекување на одминираната руда или во самозарушената руда [1, 8].

Во процесот на истекување на одминираната руда, најпрвин истекува соодветна количина (често и преку 50 %) на чиста руда, а потоа доаѓа до мешање со соседната зарушена јаловина, која е на контактите со појасот на зарушената руда. Доколку порано се престане со истекување на рудата, осиромашувањето на рудата ќе биде помало, но загубите ќе бидат поголеми. Со цел да има поголемо искористување на рудата, а намалување на нејзините загуби, се продолжува со истекувањето, осиромашувањето на рудата сè повеќе се зголемува и тоа според експоненцијална зависност. Во тоа е суштината на претходно наведената обратна пропорционалност на искористувањето и осиромашувањето на рудата [1, 4, 9].

Овие промени се посебно изразени кај Методот со подетажно зарушување со челно товарење, односно истекување на одминираната руда. Врз големината на осиромашувањето на рудата, најголемо влијание има односот на моќноста на појасот за минирање и неговата висина, при што одредено влијание има и начинот на товарење на рудата, т.е. длабочината на зафаќање со корпата за товарење по косината на рудата во подетажниот ходник [9].

Осиромашување на рудата настанува и во текот на откопувањето. Од оваа гледна точка, постојат два вида на осиромашување на рудата, и тоа: планирано и непланирано осиромашување на рудата (Scoble and Moss, 1994), шематски е прикажано на Слика 1. [13, 14].



Слика 1.: Планирано и непланирано осиромашување  
Figure 1.: Planned and unplanned dilution

Појавата на искористувањето и осиромашувањето на рудата предизвикува значајни економски последици, кои можат да имаат негативен и позитивен економски ефект и можат да се изразат со натурални и вредносни показатели. Притоа мора да се има предвид дека овие показатели не можат во целост да се избегнат во пракса, па поради тоа како главна задача се поставува прашањето како да се одредат нивните оптимални вредности [6, 9, 11, 12].

### 2.1. Формули за пресметување на искористувањето и осиромашувањето на рудата

Формулите за пресметување на искористувањето и осиромашувањето на рудата добро им се познати на сите рударски стручни лица коишто се занимаваат со оваа проблематика, но основните постапки за нивното одредување ќе бидат дадени заради појасно дефинирање на проблематиката. Големината на искористувањето на рудата, односно нејзиното осиромашување, најчесто се изразува на два вообичаени начини и тоа [4, 5, 7, 9]:

- Преку показателите на искористувањето на рудата, коишто се изразуваат во проценти од добиената руда, т.е.:

Искористување на рудата:

$$I_r = \frac{Q_{cr}}{Q_r} \cdot 100 [\%] \quad \text{или} \quad I_r = 100 - Z_r [\%] \quad (1)$$

Осиромашување на рудата:

$$O_r = \frac{Q_j}{Q_{rm}} \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

- Преку показателите на коефициентот на загуби или коефициентот за искористување на рудата, на сличен начин, т.е.:

Коефициент на искористување на рудата:

$$i_r = \frac{Q_{cr}}{Q_r} \quad [\text{неименуван број}] \quad (3)$$

Коефициент на осиромашување на рудата:

$$o_r = \frac{Q_j}{Q_{rm}} \quad [\text{неименуван број}] \quad (4)$$

Каде што се:

- $I_r$  - Искористување на рудата;
- $O_r$  - Осиромашување на рудата;
- $Z_r$  - Загуби на рудата;
- $Q_{cr}$  - Добиена, односно чиста руда;
- $Q_r$  - Вкупна количина на руда во наоѓалиштето, односно геолошки резерви;
- $Q_j$  - Количина на јаловина во рудата;
- $Q_{rm}$  - Вкупна количина на рудна маса, односно равна руда;
- $i_r$  - Коефициент на искористување на рудата;
- $o_r$  - Коефициент на осиромашување на рудата.

Како што се гледа, искористувањето на рудата ( $I_r$ ), односно коефициентот на искористување на рудата ( $i_r$ ), се пресметува од односот на количината на добиената, т.е. чиста руда ( $Q_{cr}$ ) и вкупната количина на рудата во наоѓалиштето или откопниот блок ( $Q_r$ ).

Во пракса, овие формули за пресметување на искористувањето и осиромашувањето на рудата, ретко се користат, поради постоење на објективни проблеми бидејќи во добиената руда, односно во рудната маса, не може точно да се одреди учеството на чиста руда или количината на јаловина. Поради тоа, овие формули можат да се користат најчесто во три случаи:

- При лабораториски истражувања, кога е применет некој од методите за раздвојување, каде што е можно точно одвојување и мерење на количината на чиста руда и количината на истечена јаловина [9];
- Во конкретни услови при откопување на наоѓалиште, кога со геодетски мерења може точно да се одреди зафатнината на наоѓалиштето којашто е откопана и зафатнината на рудата којашто останала неоткопана (во сигурносните столбови, заштитните плочи, и сл.) [6];
- Во пракса, при случаи кога количината на рудата се одредува врз основа на бројот на вагони или товарни лопатки, а постои сигурен податок за резервите на рудата во откопниот блок.

Во двата последни случаја, главно, се работи за примена на методи за откопување кај кои нема осиромашување на рудата, или пак е занемарливо.

Во останатите случаи, а посебно при примена на Методот за откопување со зарушување на рудата не постои едноставна можност за да се одреди количината на чиста руда или количината на јаловина, па се применуваат формулите врз база на количината на метал во добиената руда, односно во рудното наоѓалиште или откопниот блок. Тие формули го имаат следниов облик [4, 5, 7, 9]:

- За пресметување на искористувањето на рудата, односно коефициентот на искористување и тоа:

1. Во случај кога нема осиромашување, односно кога осиромашувањето се врши со јаловина која не содржи метал ( $m_j = 0$ ):

$$i_r = \frac{Q_{rm} \cdot m_1}{Q_r \cdot m} \quad I_r = \frac{Q_{rm} \cdot m_1}{Q_r \cdot m} \cdot 100 \quad [\%] \quad (5)$$

2. Во случај кога осиромашувањето се врши со јаловина, која во себе содржи одредена количина (%) метал ( $m_j$ ):

$$i_r = \frac{Q_{rm} \cdot (m_1 - m_j)}{Q_r \cdot (m - m_j)} \quad I_r = \frac{Q_{rm} \cdot (m_1 - m_j)}{Q_r \cdot (m - m_j)} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6)$$

- За пресметување на коефициентот на осиромашување, односно осиромашување на рудата:

1. Кога во јаловината нема метал:

$$o_r = \frac{m - m_1}{m} \quad O_r = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \quad [\%] \quad (7)$$

2. Кога јаловината содржи одреден процент на метал:

$$o_r = \frac{m - m_1}{m - m_j} \quad O_r = \frac{m - m_1}{m - m_j} \cdot 100 \quad [\%] \quad (8)$$

Каде што се:

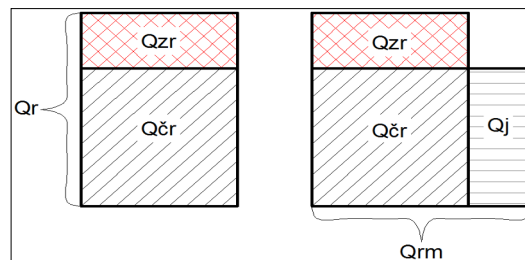
$m$  – содржина на метал во наоѓалиштето, геолошките резерви, рудното тело или откопниот блок [%];

$m_1$  – содржина на метал во добиената рудна маса или ровната руда [%];

$m_j$  – содржина на метал во јаловината [%].



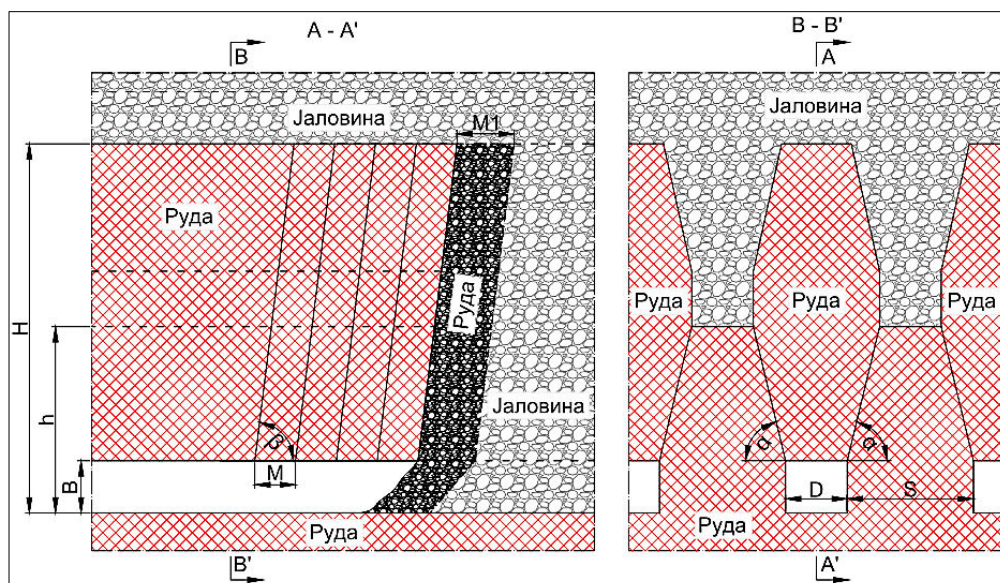
На Слика 2 сликовито се прикажани рудните резерви во даден руден откопен блок.



Слика 2.: Шематски приказ на откопен блок со рудни резерви „ $Q_r$ “  
Figure 2.: Scheme of mining block with ore reserves “ $Q_r$ ”

### 3. Одредување на показателите за искористување и осиромашување на рудата со лабораториски истражувања

Кај Методите со подетажно зарушување, ситнењето на рудата се врши со минирање на лезни мински дупчотини од подетажни ходници. Минирањето се врши во појаси со моќност од  $1,0 \div 1,5$  m. Еден дел од минираната руда се спушта во ходникот, а поголемиот дел останува вклетен помеѓу челото на рудниот масив и претходно зарушената јаловина. На Слика 3 се прикажани најважните параметри за Подетажен откопен метод со зарушување, односно:  $h$  – висина на подетажите,  $H$  – висина на минираната руда,  $M$  – моќност на појасот за минирање,  $M_1$  – моќност на минираната руда,  $\beta$  – агол на рамнината за минирање,  $\alpha$  – агол на крајните дупчотини,  $D$  – ширина на ходникот,  $B$  – висина на ходникот,  $S$  – ширина на столбот помеѓу пречниците.



Слика 3.: Најважни параметри кај Подетажниот откопен метод со зарушување  
Figure 3.: The most important parameters for sublevel caving

При испитување на модели во лабораторија се испитува, пред сè, влијанието на основните параметри за геометријата на Методот за откопување, односно параметрите на појасот на одминираната руда. Овие испитувања се базирани на Теоријата за точење на одминираната руда и се вршат врз физички модели на коишто, пред сè, им се обезбедуваат физички сличности со испитуваните големини, а потоа и во мала мера влијанието на кинетичката и динамичката сличност [1, 4, 9].

Моделите се изработуваат во размери од 1:50 до 1:100, а во исклучителни случаи можат да се изработат модели и во поголем размер, најмногу до 1:20. Во исти физички размери се подготвува руда и јаловина со коишто се изведува моделскиот опит.

Со цел за рационална работа при испитувањето на моделите, некои од наведените основни параметри се усвојуваат како познати големини (оние параметри кои имаат помало влијание врз искористувањето и осиромашувањето на рудата), со што се намалува бројот на испитувани параметри и бројот на минимално потребни опити за добивање на бараните резултати. Така, на пример, практичната примена на Методот со подетажно зарушување покажал дека најдобри резултати за истекување на одминираниот руда се добиваат кај вертикалниот појас на одминираниот руда, при што аглите на крајните дупкотини во „лепезите“ се поголеми од  $70^\circ$ . Исто така, и применетата опрема има влијание врз изборот на параметрите на подетажниот ходник, така што и овој параметар се усвојува дека е познат, односно дека се знае типот на товарно-транспортната машина. Посебно внимание при испитувањата е потребно да се посвети за истражување на меѓусебното влијание на основните геометриски параметри на појасот за одминираниот руда: висина, ширина и моќност, на показателите за истекување – искористување и осиромашување на рудата. Поради тоа, испитувано е и влијанието врз гранулацијата на одминираниот руда, широчината на испусниот отвор (широчината на подетажниот ходник), режимот на истекување, и слично.

### **3.1. Моделски испитувања за одредување на искористувањето и осиромашувањето на рудата вршени во Р. Македонија**

Во Р. Македонија моделски испитувања во лабораториски услови биле вршени при изработката на докторската дисертација под наслов *Придонес во одредувањето на параметрите за Методот подетажно зарушување, со експериментални испитувања на модели од техничко-економски аспект, за рудни тела со благ пад и поголема моќност, со посебен осврт на оловно-цинковото лежиште 'Свиња река'*, од проф. д-р Симеон Ивановски [1]. За утврдување на најповолните параметри за Подетажниот метод на откопување со зарушување, биле вршени експериментални испитувања на модели на сличности во лабораторијата на Рударско-геолошкиот факултет во Белград. Целта на испитувањата била, преку искористувањето и осиромашувањето на рудата да се одредат најповолните откопни параметри, односно оние параметри на откопниот метод кај кои се остварува максимално искористување при минимално осиромашување на рудата при откопувањето.

Како константни големини при изведување на моделските испитувања биле усвоени: широчината на подетажниот ходник ( $D = 2,8$  м), висината на подетажниот ходник ( $B = 2,5$  м), светлиот профил на подетажниот ходник ( $P = 7,00$  м<sup>2</sup>, кој зависи од товарно-транспортната механизација која ќе се примени) и аголот на крајните дупкотини во лепезата ( $\alpha = 75^\circ$ ).

Како променливи геометриски параметри биле земено: висината на подетажата ( $h = 5,0$  м;  $6,0$  м;  $7,5$  м и  $9,0$  м), моќноста на појасите за минирање ( $M = 1,2$  м;  $1,5$  м и  $1,8$  м за  $h=5,0$  м;  $6,0$  м и  $7,5$  м; како и  $M = 1,5$  м;  $1,8$  м и  $2,1$  м за  $h=9,0$  м) и аголот на рамнината за минирање ( $\beta=75^\circ$  и  $90^\circ$ ).

Висината на подетажата ( $h$ ) била земена во граници од  $5,0$  м до  $9,0$  м, бидејќи се сметало дека во овие граници ќе се добијат најповолни резултати. Доколку висината на подетажата е помала од  $5,0$  м, би се зголемил обемот на подготвителните работи, т.е. коефициентот на подготовка, и ќе се зголемат трошоците за производство. Доколку висината на подетажата е поголема од  $9,0$  м, тогаш искористувањето и осиромашувањето на рудата би биле понеповолни.

Моќноста на појасите за минирање ( $M$ ) била земена во граници од  $1,2$  м до  $1,8$  м, бидејќи се сметало дека во овие граници ќе се добијат најповолни резултати за искористувањето и осиромашувањето на рудата за усвоената висина на подетажата ( $h$ ). За поголема висина на подетажата ( $h$ ) се усвојуваат поголеми вредности за ( $M$ ), бидејќи со зголемување на висината за минирање се зголемува и моќноста на минирање ( $M$ ) за која се остваруваат оптимални резултати, а е потврдено од досегашните моделски испитувања и од практичните искуства.

Аголот на рамнината за минирање ( $\beta$ ) бил усвоен врз основа на усвоениот гранулометриски состав на рудата и јаловината. Според литературните податоци и практичните искуства, се претпоставувало дека најмногу би одговарал аголот за минирање

од  $90^\circ$ , а аголот од  $75^\circ$  бил земен за да се провери наведената претпоставка и во конкретните услови.

При изборот на размерот за моделот секогаш се настојува константните и променливите параметри за откопниот метод, успешно да можат да се претстават и изучуваат на моделот. За конкретниот модел бил земен размер 1:75. Надворешната конструкција била направена од пластично стакло (плексиглас) со дебелина од 5 мм. Аглите на страните биле поврзани со алуминиумски „L“ профил (25x25 мм) и прицврстени со основата на моделот изработена од панел-плоча со дебелина од 20 мм. Надворешните димензии на моделот биле  $30 \times 40 \times 55$  см, за да можат во моделот да се изведат сите опити за сите три секции. Во моделот најпрвин биле вградени елементи од тврд картон, кои претставувале гребени на подетажниот ходник кои настануваат со минирање на крајните дупчотини на лезазата. Во гребените биле изработени жлебови на растојание кое одговарало на моќноста на појасот за одминираната руда. Во жлебовите на гребените биле вградени ламели од алуминиумски лим, кои ја претставуваат рамнината за минирање и висината на минирањето. На ламелите била лепена ситна руда за да се добијат приближно природни услови, бидејќи при минирање челото на минираниот масив не е мазно. Бил вграден елемент од лим во кровот и бочните страни на подетажниот ходник и на тој начин била завршена подготовката на моделот за полнење.

За моделските испитувања како руда бил користен еквивалентен вештачки материјал со магнетни особини, за да може лесно да се издвојува рудата од јаловината при источувањето и мерењето на количините. Вештачката рудна маса била составена од: магнетен прав, челични струготини, синтетичко лепило и гипс кои биле мешани во соодветен сооднос за да се добие потребната волуменска маса.

Јаловината била составена од вистинска јаловина, која исто како и вештачката руда, била издробена во чељусна дробилка и потоа просеана на сита со различни отвори. Со мешање на добиените фракции во соодветен сооднос била добиена јаловината според дадениот гранулометриски состав.

На Слика 4 се дадени функционалните зависности на  $I_r=f(O_r)$  и  $O_r=f(I_r)$ , за сите четири висини на подетажата, коишто биле добиени од извршените испитувања.

Со користење на програмата Microsoft Excel, каде се исцртани функционалните зависности (Слика 4), се добиени равенките кои ги апроксимираат кривите на функциите, како и коефициентите за криволиниска корелација ( $R$ ), со помош на кои се оценува степенот на точност за апроксимацијата на кривите добиени со равенките кои се дадени во продолжение:

За  $h = 5,0$  m;  $M = 1,2$  m;  $\beta = 90^\circ$ ;  $\alpha = 75^\circ$

- За  $I_r=f(O_r)$ :  $I_r = -0,0094 \cdot O_r^2 + 0,9 \cdot O_r + 65,587$ ;  $R^2 = 0,9998$ ;

- За  $O_r=f(I_r)$ :  $O_r = 0,0833 \cdot I_r^2 - 11,21 \cdot I_r + 384,22$ ;  $R^2 = 0,9995$ ;

За  $h = 6,0$  m;  $M = 1,5$  m;  $\beta = 90^\circ$ ;  $\alpha = 75^\circ$

- За  $I_r=f(O_r)$ :  $I_r = -0,0123 \cdot O_r^2 + 1,0625 \cdot O_r + 67,664$ ;  $R^2 = 0,9995$ ;

- За  $O_r=f(I_r)$ :  $O_r = 0,0878 \cdot I_r^2 - 12,753 \cdot I_r + 471,76$ ;  $R^2 = 0,9989$ ;

За  $h = 7,5$  m;  $M = 1,5$  m;  $\beta = 90^\circ$ ;  $\alpha = 75^\circ$

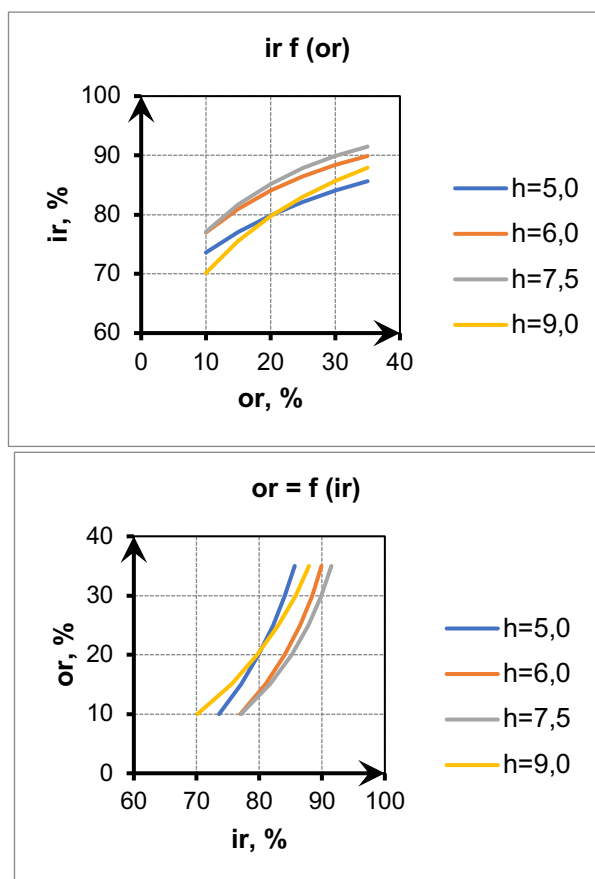
- За  $I_r=f(O_r)$ :  $I_r = -0,0148 \cdot O_r^2 + 1,2333 \cdot O_r + 66,357$ ;  $R^2 = 0,9994$ ;

- За  $O_r=f(I_r)$ :  $O_r = 0,0764 \cdot I_r^2 - 11,193 \cdot I_r + 418,71$ ;  $R^2 = 0,9984$ ;

За  $h = 9,0$  m;  $M = 1,8$  m;  $\beta = 90^\circ$ ;  $\alpha = 75^\circ$

- За  $I_r=f(O_r)$ :  $I_r = -0,0157 \cdot O_r^2 + 1,4099 \cdot O_r + 57,744$ ;  $R^2 = 0,9995$ ;

- За  $O_r=f(I_r)$ :  $O_r = 0,0436 \cdot I_r^2 - 5,5106 \cdot I_r + 182,04$ ;  $R^2 = 0,9993$ ;



Слика 4.: Функционална зависност на  $I_r=f(O_r)$  и  $O_r=f(I_r)$   
 Figure 4.: Functional dependence on  $I_r=f(O_r)$  and  $O_r=f(I_r)$

Високите вредности на коефициентите за криволиниска корелација укажуваат за високиот степен на точност на апроксимацијата за зависностите на  $I_r=f(O_r)$  и  $O_r=f(I_r)$  со добиените равенки. Со помош на добиените равенки може со задоволителна точност да се пресметува соодветната вредност на „ $I_r$ “ за секоја позната вредност на „ $O_r$ “, и обратно.

Пресметаните вредности за „ $I_r$ “ според претходно добиените равенки, за зададените вредности на „ $O_r$ “ се споредени со вредностите добиени од лабораториските испитувања и се забележува дека има многу мало отстапување.

Анализирајќи ги податоците од лабораториските испитувања и дијаграмите прикажани на Слика 4, може да се заклучи дека најповолни резултати за искористувањето на рудата, кај сите степени на осиромашување на рудата, се добиени за следниве откопни параметри:  $h = 7,5$  м;  $M = 1,5$  м и  $\beta = 90^\circ$  [1]. Во пракса е потврдено дека при овие параметри, може да се постигне најголемо искористување на рудата, а најмало осиромашување на рудата, т.е. да се постигнат оптимални параметри за искористување и осиромашување на рудата.

#### 4. Заклучок

Одредувањето на показателите кои имаат влијание врз искористувањето и осиромашувањето на рудата, може да се врши практично или лабораториски.

При лабораториски испитувања се користат модели, кај кои се испитува влијанието на основните параметри за геометријата на Методот за откопување, односно параметрите на појасот на одминираниот руда. Овие испитувања се базирани на Теоријата за точење на одминираниот руда и се вршат врз физички модели на кои што се обезбедуваат, пред сè, физички сличности со испитуваните големини, а потоа и во мала мера влијанието на кинетичката и динамичката сличност.

Моделите се изработуваат во размери од 1:50 до 1:100, а во исклучителни случаи можат да се изработат и во поголем размер, најмногу до 1:20. Во исти физички размери се подготвува руда и јаловина со кои што се изведува моделскиот опит.

Моделирањето е можно и оправдано да се примени, ако помеѓу појавата или процесот во природата и таа појава или процес во лабораторијата, може да се оствари одредена сличност преку модел.

Со цел за рационална работа при испитувањето на моделите, некои од наведените основни параметри се усвојуваат како познати големини, со што се намалува бројот на испитувани параметри и бројот на минимално потребни опити за добивање на бараните резултати.

Појавата на загубите или искористувањето на рудата предизвикува значајни економски последици, кои можат да се изразат со натурални и вредносни показатели. Притоа, мора да се има предвид дека загубите на руда не можат во целост да се избегнат во пракса, па поради тоа како главна задача се поставува прашањето: како да се минимализираат, односно како да се постигне што поголемо искористување на рудата.

Остварувањето на максимални вредности за коефициентот на искористување, при откопувањето на рудните резерви од едно рудно наоѓалиште, е императив за секое рударско претпријатие, ако се има предвид аргументот дека рудното богатство е необновлив природен ресурс. Поради тоа, денес сè повеќе внимание се посветува на изнаоѓањето егзактни методи за негово одредување.

Во рударската пракса, со задоволителна точност се одредуваат коефициентите на искористување и осиромашување на рудата со примена на веќе постоечките равенки, со претходно извршени детални геодетски мерења на волуменот на откопаната и неоткопаната руда.

Кај методите со подетажно и блоковско зарушување на рудата, зголемените загуби на рудата овозможуваат намалено искористување и осиромашување на рудата, односно се зголемува искористувањето на металот во флотацијата и се намалуваат трошоците за преработка. Исто така, се зголемува квалитетот и вредноста на концентратот, како конечен продукт на рудникот.

#### **Користена литература:**

1. Ивановски С. (1986), *Придонес во одредувањето на параметрите за Методот подетажно зарушување, со експериментални испитувања на модели од техничко-економски аспект, за рудни тела со благ пад и поголема моќност, со посебен осврт на оловно цинковото лежиште 'Свиња река',* Докторска дисертација (непубликувана), Рударско-геолошки факултет, Штип;
2. Јакшиќ, М., Недељковиќ, Б. (2008), *Узроци губитака рудних резерви у металичним рудницима, Подземни радови, Година XVI, Број 16, стр. 75– 81;*
3. Мијалковски, С. (2013), *Најважни показатели кои имаат влијание врз искористувањето (загубите) и осиромашувањето на рудата кај Методот со подетажно зарушување, Македонско рударство и геологија, година XIV, број 23, стр. 30-33;*
4. Mijalkovski, S. (2015), *Optimizing of the recovery of ore reserves for underground mining of metal ore deposits, Doctoral dissertation (unpublished), Faculty of natural and technical sciences, Stip;*
5. Мијалковски, С., Десподов З., Донева Н., Аџиски В. (2016), *Загуби на рудата во рудниците за подземна експлоатација на металични минерални сировини, Година X, Број 10, „Природни ресурси и технологии“, Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за природни и технички науки, Штип;*
6. Mijalkovski, S., Despodov Z., Mirakovski D., Adjiski V., Doneva N. (2017), *Methodology for optimization of coefficient for ore recovery in sublevel caving mining method, Undergorund mining engineering, University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology, Year 23, Number 30, pp. 19-27, Belgrade;*
7. Mijalkovski, S., Despodov Z., Mirakovski D., Doneva N., Hadzi-Nikolova M., Ivanovski D. (2015), *Method for determining on the indicators for recovery and dilution of the ore, Association of mining and geology engineers of Macedonia, VIII<sup>rd</sup> expert conference themed:*

- Technology of underground and surface mining of mineral raw materials, pp. 118-125, Krusevo;
8. Mijalkovski, S., Despodov Z., Mirakovski D., Hadži-Nikolova M., Mitić S. (2015), *Determination and monitoring of ore recovery and dilution coefficients in SASA lead and zinc mine - M. Kamenica, R. Macedonia*, University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology, Underground mining engineering, Year 23, Number 26, pp. 1-9, Belgrade;
  9. Milicevic, Z. (2008), *Metode podetažnog i blokovskog zarušavanja*, Tehnički fakultet u Boru, Bor;
  10. Milicevic, Z., Milic V. (2013), *Tehnologija podzemne eksploatacije ležišta mineralnih sirovina*, Tehnički fakultet u Boru, Bor;
  11. Peskens, T. W. (2013), *Underground mining method selection and preliminary techno – economic mine design for the Wombat orebody, Kylylahti deposit, Finland*, Section for Resource Engineering, Department of Geoscience and Engineering, Delft University of Technology, Netherlands;
  12. Player J., Perera V., *A Back Analysis od Dilution and Recovery in Longitudinal Sublevel Caving*, WA School of Mines, Australia, BHP Billiton Nickel West, Australia;
  13. Soyer N. (2006), *An approach on dilution and ore recovery / loss calculations in mineral reserve estimations at the “Cayeli” mine, Turkey*, School of natural and applied sciences of middle east technical University;
  14. Stewart R. (2012), *An introduction to underground mining, On the rocks*, Dundee capital markets, Canada.