



**ЕТАПНО РАЗВИТИЕ НА ОТКРИТИ РУДНИЦИ, РАЗРАБОТВАЩИ СТЪРМНО ЗАПАДАЩИ ЗАЛЕЖИ
В УСТОЙЧИВИ СКАЛИ**

Георги Константинов – e-mail: konstantinovgp@abv.bg
Огнян Кованджийски – e-mail: kovandjiiska@yahoo.com

РЕЗЮМЕ

Дават се условията за етапно развитие на открити рудници, разработващи стръмно западащи залежи в устойчиви скали. С конкретен пример и календарен график се подчертава ефективността от етапната експлоатация на открити рудници.

**STAGED DEVELOPMENT OF OPEN-PIT MINES EXPLOITING STEEPLY DECLINING DEPOSITS IN
RESISTANT ROCKS**

Georgi Konstantinov – e-mail: konstantinovgp@abv.bg
Ognian Kovandjiiski – e-mail: kovandjiiska@yahoo.com

ABSTRACT

The conditions for the staged development of open pit mines exploiting steeply declining deposits in resistant rocks are given. The effectiveness of staged open-pit mining is emphasized by a specific example and calendar schedule.

1. Общи положения

Скалата представлява твърдо вещество, което е агрегат от съществуващи в природата минерали със сравнително постоянен състав. Скалите изграждат земната кора и се явяват основна характеристика при развитието на земния релеф. В зависимост от състава си и начина на формиране те се различават по вид, цвят и форма.

Около 90% от земната кора са магмените и метаморфните скали. Около 10% са седиментните скали, но те заемат около 75% от земната повърхност. Разделянето на скалите на магмени, метаморфни и седиментни не винаги е очевидно. В седиментните скали дори при много ниски, в геоложки смисъл, температури започват минерални трансформации. Но скалите се считат метаморфни при появата на новосформиран гранит. При умерени налягания началото на метаморфизма започва с температура 300⁰ С. В най-високата степен на метаморфизъм се развива границата между метаморфни и вулканични магмени скали. Започва топенето на скалата и смесване на новосформираните с външни скали. Често се наблюдават постепенни процеси на преминаване на метаморфни в други скали. Тези процеси се наричат ултраметаморфизъм [2].

Обект на откритото разработване са полезните изкопаеми. Те са природна даденост, отличаваща се със своята неповторимост и невъзобновяемост. Ето защо технологичните методи при открития добив трябва да са рационални, да се съобразяват със сложните геоложки формации, твърдостта на скалите и тяхната устойчивост.

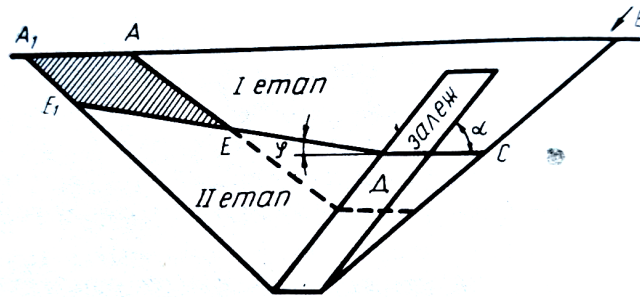
2. Етапно развитие на открити рудници, разработващи стръмно западащи залежи в устойчиви скали

При открития добив на стръмно западащи находища вложените средства за откривните работи изпреварват тези за добивните с няколко години, поради което те се замразяват. За да се съкратят сроковете за извършване на строителните работи, за да се намалят тези средства и за да се повиши ефективността на откритото разработване, се налага находището да се разработва на етапи [1].

Етапното разработване на находищата се прилага при:

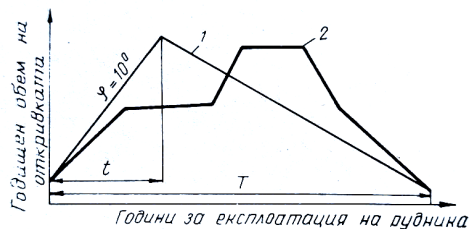
- 1) еднороден залеж – определят се междинните граници на открития рудник, като се остави временно законсервиран неработен борд;
- 2) нееднороден залеж – отделят се участъци с по-високо качество на полезното изкопаемо и малък коефициент на откривка за първия етап на разработване;
- 3) близки залежи – създава се рационален ред за последователното им отработване, а при едновременното им разработване се планира рационалната интензивност на експлоатацията.

При етапното разработване се създават технологични възможности значителни обеми откривка да се изземват през по-късни периоди от експлоатацията на рудника. Това намалява с 10 – 30% приведените към даден момент разходи за разработване на находището.



Фиг. 1. Варианти за разработване на стръмно западащо находище,

На фиг.1 са дадени два етапа за разработване на стръмно западащо находище. Удълбаването на минните работи (показано със стрелка) е откъм долнището на рудното тяло. Ако находището се разработва, не на етапи, а в крайните граници на рудника, тогава в календарния план (фиг.2) графиката на откривката (линия 1) нараства през първия период на разработване до времето когато работната зона достигне границата на рудника по повърхността.



Фиг.2. Календарен график за годишните обеми на откривката:

- 1 – при развитие на работната зона в крайните граници на рудника;
- 2 – при оставяне на временно неработен борд

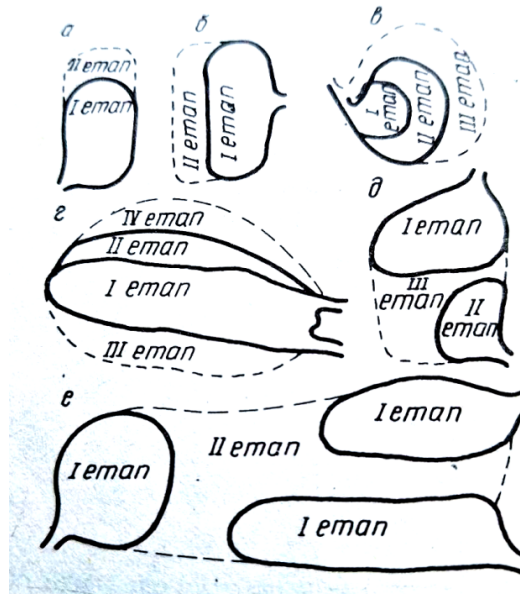
При етапното разработване на находището участъкът от борда АЕ (фиг.1) временно се консервира под ъгъл близък до ъгъла на откоса на крайния контур на рудника. Откривните работи се възобновяват когато минните работи достигнат контура АВСДЕ. В резултат на това обемът на откривката А₁АЕЕ₁ (защрихованата част) се изземва няколко години по-късно в сравнение с първия вариант (линия 2 на фиг.2).

Изземването на откривката от временно консервирания борд се извършва по-късно успоредно с основните добивни работи.

Понижението на минните работи трябва да е доста интензивно при разнасянето на временния борд, за да се осигури непрекъсната работа по добив на полезното изкопаемо и за да се развият своевременно минните работи до крайните граници на рудника.

Обемът и срокът за консервация на откривката във временния неработен борд на рудника зависят от правилното построяване на границите на етапа [3]. Фактически това са междинни граници на открития рудник, представляващи комбинация от временни и постоянни бордове.

Факторите, от които зависи рационалното разположение на временните неработни бордове, са икономически, минно-геоложки и минно-технически.



Фиг.3. Схеми за разделяне на открития рудник на етапи

На фиг.3 са показани различни схеми за разделяне на рудника на етапи. Къде и как да се разположи временният неработен борд в границите на рудника, зависи от съотношението между дължината и широчината на рудничното поле. Временният борд се разполага в края на рудничното поле по неговата широчина (фиг. 3 а), когато отношението на дължината на рудника към неговата широчина е 1,5-2,5 при жп транспорт и 1,2-2 при автотранспорт. При по-големи отношения временният борд се разполага по дължината на залежа (фиг. 3 б).

Основните параметри на рудника [3] при разработването му на етапи са: височината на етапа H_i ; дълбочината на открития рудник в края на отработване на етапа H_{ki} ; височината на временния неработен борд H_{bi} ; ъгълът на откоса на временния неработен борд γ_i ; широчината на етапа V_i ; средният коефициент на откривка за етапа K_{cp} . Параметрите на рудника за етапа, които съответстват на максималните обем и срок на консервация на откривката, се изменят в следните граници: височина на временния борд $H_{bi} = (0,4 \div 0,5) \cdot H_k$, широчина на временния борд $V_i = (0,45 \div 0,65) \cdot H_k$; обем на целика от откривка $V_{отц} = (0,25 \div 0,3) \cdot H_k^2 \cdot V_k$, където H_k и V_k са съответно крайната дълбочина и средната широчина на открития рудник в m . При $H_k = 200-300 m$ и $V_k = 800 \div 1000 m$, тогава средните параметри на рудника за етапа са: $H_{bi} = 110-130 m$, $V_i = 140-170 m$ и $V_{отц} = 15-20$ млн. m^3 .

При незначителни размери на открития рудник, за да се увеличи обемът на откривката за консервиране при средна скорост за удълбаване $10 m/g$, тогава е целесъобразно временните бордове да се разполагат по периметъра на рудника (фиг.3 в), като обхващат по-голяма част от периметъра му. Тази схема се прилага в открити рудници с кръгла форма в план.

Схемата за променливо консервиране и разнасяне на двата борда на открития рудник (фиг.3 г) се характеризира с това, че на временния борд се разполагат главните постоянни пътища, а на работния борд – временните пътища (фиг.3 д). Минните работи на единия работен борд се спират и на него се пренасят главните пътища. В това време започва да се разнася временният неработен борд. Такава схема се прилагаше в рудник „Кремиковци“.

Следващата схема (фиг.3 д) е целесъобразна, когато рудничното поле се отработва последователно на няколко участъка. При това трябва да се спазва приетата рационална посока за развитие на минните работи.

Характерното за схемата, показана на (фиг.3 е), е това, че в началния период находището се разработва с няколко открити рудника, които по-късно се обединяват в един.

Всяка от тези схеми (фиг.3) се характеризира: с обема и времето за добиване на полезното изкопаемо; с най-добро качество на продукцията; с обема и срока за консервиране на откритката; с приетите схеми на разкриване; с използваните минни и транспортни машини; с интензивността на отработване на временните неработни бордове; с параметрите на рудника и други показатели.

Междинни са тези граници на открития рудник, които дават възможност находището да се отработва на етапи. След отработване на първия етап се отработва вторият етап и т.н.

В практиката на открития добив височината на етапа се изменя от 50 до 120 m, височината на временните бордове – от 80 до 300 m, а ъгълът на откоса на временния неработен борд – от 25° до 37 – 40°.

Рационалната схема за разделяне на рудника на етапи и рационалните параметри за всеки етап се определят от следните основни положения:

1. Производителността на открития рудник по полезно изкопаемо не трябва да се намалява за никой от периодите (с изключение на периода „затихване на минните работи“). Това се отнася дори и за момента на преминаване на минните работи през междинната граница от един етап към друг. Практиката показва, че и при незначително намаляване на годишната производителност по полезно изкопаемо или при понижаване темповете на нейното нарастване, се влошават рязко технико-икономическите показатели на рудника.
2. За да се осигури непрекъснат добив на полезно изкопаемо, трябва да са налице резервни запаси, достатъчни за работата на рудника през времето на разнасяне на временния борд.
3. Производителността на рудника по откритка и средните коефициенти на откритка във всеки следващ етап трябва да са по-големи от предидущите (с изключение на периода „затихване на минните работи“). Производителността по откритка не трябва да има върхови стойности.

Тези условия представляват основните принципи за рационален календарен график и осигуряват най-добрия режим на минните работи. Те създават технологични възможности голяма част от откритката да се изземва през по-късен период, с което се намаляват експлоатационните разходи за разработването на цялото находище.

Най-малките параметри на етапа – височината H_i и широчината B_i се ограничават от продължителността на етапа t_i . Тази продължителност се определя от икономически и организационно-технически фактори и е от 8 до 12 г.

Следователно тези параметри на етапа се определят по формулите:

$$H_i = h_i \cdot t_i, \text{ m} \quad (1)$$

$$B_i = H_{i+1} \cdot \text{ctg } \gamma_b, \text{ m} \quad (2)$$

Коефициентът на откритка

$$K_i = \frac{L_{bi} \cdot V_i}{L_{zi} \cdot H_i \cdot m_i}, \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad (3)$$

където L_{bi} , L_{zi} са средните дължини съответно на откритните и добивните стъпала, m;

m_i е мощността на залежа, m;

V_i е обемът на откритката, m³.

За стръмно западащо находище ($\alpha = 60^\circ$) с мощност 100 m са получени параметрите на етапите на разработване, дадени в табл.1.

Таблица 1. Параметри на етапите за разработване на открит рудник

№ на етапа	Височина на етапа, m	Дълбочина на рудника, m	Височина на борда (m) откъм		Широчина на етапа (m) откъм		Коефициент на откривка, m ³ / m ³	
			горницето	долницето	горницето	долницето	с етапи	без етапи
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	100	100	14	75	288	126	3,24	5,14
2	100	200	144	175	288	126	7,40	12,20
3	100	300	244	275	288	126	10,40	12,20
4	100	400	331	370	480	240	15,70	7,20
5	212	212	432	483	466	204	4,10	4,10

При изчисленията са приети следните данни: $\beta_p = 11^\circ$; $\gamma_b = 34^\circ$; $h_6 = 30$ m/g; $h_l = 10$ m/g; $t_i = 10$ г.

Минималната широчина на етапа V_{min} по технически условия се ограничава от минималната широчина на работната площадка. Икономически целесъобразната широчина на етапа е в границите $V_{min} = 100 - 150$ m. При това се отчита поскъпването на 1 m³ откривка 1,2 – 1,6 пъти в зоната на възобновяване на минните работи на временния борд.

Икономическата ефективност от етапното развитие на открития рудник се изразява главно в подобряване на календарния график на откривните работи.

Минно-геоложките фактори, които съществено влияят върху икономическата ефективност от етапното разработване на находищата са: ъгълът на западане, дебелината на наносите, дължината, дебелината и строежът на залега, средният коефициент на откривка и качествената характеристика на полезното изкопаемо.

Възможността да се раздели на етапи разработването на находището зависи много от ъгъла на западане на залега. Той влияе съществено и върху коефициента на откривка за различните етапи. Само при стръмно западане на рудното тяло е възможна етапността в развитието на открития рудник. Ъгълът на западане откъм страната на долницето на залега напр. трябва да е по-голям от $55-60^\circ$, откъм страната на горницето - по-голям от $24-25^\circ$.

Коефициентът на откривка намалява с увеличаване на ъгъла на западане на рудното тяло. Така се повишава икономическата ефективност от разработването на находището на етапи. Ако стойностите на средния коефициент на откривка са по-малки от 1 - 1,5 m³/ m³, етапното разработване на откривката не е икономически изгодно.

Колкото е по-голяма дебелината на наносите и по-малка е дебелината на залега, толкова по-икономично е разработването на находището на етапи.

При дълбочина на рудника 250 – 300 m и дължина 2 – 3 пъти по-голяма от неговата широчина, целесъобразно е временните бордове да се разполагат в краищата на рудника. Ако дълбочината на рудника е по-малка, необходимо е да се направи изчислителна проверка за условието „интензивност на добивните работи“.

При дълбочина 250 – 300 m обемът на консервирания целик, разположен на един от страничните бордове на рудника, достига до 15 – 20 млн. m³ и повече при срок на консервация 10 – 15 години.

Конструкцията на временния неработен борд на открития рудник трябва да осигури: необходимия обем откривка за консервиране, допустимия ъгъл на откоса на борда според условията за устойчивост и достатъчна интензивност на неговото отработване при възобновяване на минните работи в зависимост от минно-техническите условия.

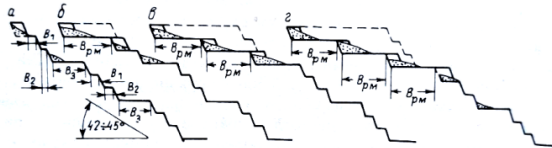
Ъгълът на откоса на временния неработен борд γ_b е заключен между хоризонта и линията, съединяваща долните ръбове на стъпалата и се определя по формулата

$$\operatorname{ctg} \gamma_B = \frac{B_{cp}}{h} + \operatorname{ctg} \alpha, \quad (4)$$

където B_{cp} е средната широчина на площадката на временния неработен борд, m;
 α - ъгълът на откоса на стъпалото, ...⁰;
 h - височината на стъпалото, m.

Средната широчина на площадката на временния неработен борд B_{cp} зависи от броя на стъпалата, от широчината на работните площадки с намалени размери и от широчините на предпазните площадки.

На фиг.4 е показан временен неработен борд с нанесени работни площадки през 3 стъпала.



Фиг. 4. Етапи на развитие на временния неработен борд

Първите две площадки B_1 и B_2 трябва да са по-големи и равни на безопасната предпазна площадка B . А на третата площадка B_3 трябва да се поместят взривният куп и багерът, така че той да работи нормално, т.е. оставя се работна площадка с намалени размери. $B_3 = B_p$.

Широчината на взривния куп P е главният фактор, който ограничава увеличаването на ъгъла на откоса на временния неработен борд. Минималната широчина на работната площадка B_p , на която могат да се разположат багерите, така че да работят съвместно със самосвалите е 16 – 18 m. Следователно широчината на взривения куп трябва да е по-малка или равна на 16 – 18 m при височина на стъпалото 10 – 15 m. Тази широчина на взривения куп се получава при специални начини на взривяване. При съвместна работа напр. на едноклофови багери и самосвали, за да се намали широчината на взривния куп, целесъобразно е да се използват напречни и диагонални заходки с милисекундно буферно взривяване.

Предимствата на схемите за разделяне на открития рудник на етапи са следните:

1. При определени условия те са икономически много ефективни, защото с 20 – 30% се намаляват разходите за разработване на находището. и значително се съкращават капиталните и експлоатационните разходи през първите периоди на експлоатация.
2. Съкращават се сроковете за строителство на рудника.
3. Повишава се интензивността на разработване на находището. Вследствие на това се увеличава производствената мощност на предприятията.
4. Съкращават се първоначалните обеми геологопроучвателни работи на големи дълбочини.
5. Има възможност да се извършат планови реконструкции на рудника.
6. Повишава се точността на перспективните планове и се облекчава тяхното коригиране. Това води до планомерно развитие на минното предприятие при най-малки разходи.

Недостатъците на схемите са следните:

1. По-голяма сложност при водене на минните работи.
2. Необходимост от по-точно планиране на минните работи за по-продължително време.
3. Необходимост от минна техника и средства за възобновяване и развитие на минните работи на временния борд на рудника.
4. През периода на реконструкция се влошават технико-икономическите показатели на рудника.

ИЗВОДИ:

1. Разглеждат се възможностите за ефективно прилагане на етапното развитие на минните работи в открити рудници, обхващащи устойчиви масиви.



2. Изследва се взаимната връзка между главните параметри на етапното разработване на открити рудници.
3. Чрез конкретен пример и календарен график се показва организацията на минните работи при етапно отработване на стръмно западащ залеж.
4. Посочват се предимствата и недостатъците на схемите за етапна експлоатация на открити рудници.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аначков А., Константинов Г. Проектиране на открити рудници. Издателство „Техника“, София, 1985 г.
2. Кованджийски О. Шистов газ. Човекът за и против шистовия газ. Нефт и газ. Техника и технологии. Фракинг патенти в САЩ. Издателство: Авто Принт, Пловдив, 2017 г.
3. Арсентъев А. И. Определение производителности и границ карьеров. М., изд – во „Недра“, 1970.