

Stanovenie vhodnej výšky medziobzoru pri dobývání na zával

Viliam Bauer¹

Determination of the suitable height at sublevel – caving methods

The paper in a short form deals with theoretical aspects of the sublevel-caving methods on iron deposits Nižná Slaná and Kobeliarovo. This mining method in a stope-block use the LHD system mechanization by the all underground caving stoping technology. By mining is a big problem the determination of height at one sublevel in the alternation siderit lens. They are use a numerical methods of the determinatoin.

Key words: minig, caving method, sublevel-caving method, height of sublevel.

Úvod

Ložiská sideritovej rudy Manó-Gabriela a Kobeliarovo predstavujú z pohľadu súčasného slovenského baníctva dobrý potenciál pre rozvoj všetkých ťažobných aktivít (Sasvári et al., 1996) a v optimálnom prípade je možné perspektívne uvažovať s ich dobývaním ešte niekoľko rokov. Na obidvoch ložiskách sa železná ruda dobýva metódou medziobzorového dobývania na zával (MODZ), ktorá je na banskom závode v Nižnej Slanej technologicky overená a odskúšaná. Ako z charakteristiky dobývacej metódy vyplýva, je pre dosiahnutie ekonomických ukazovateľov dobývania určujúcim parametrom výška medziobzoru - etáže. Problém určenia optimálnej výšky medziobzoru nie je doteraz uspokojivo vyriešený, čo súvisí s veľkou premenlivosťou úklonu a hrúbky dobývaných sideritových šošoviek. Jednotlivé riešenia sú preto zamerané na analýzu geometrických parametrov dobývania (ťažobné bloky a medziobzory), ako aj na analýzu parametrov toku závalu.

Všeobecná charakteristika dobývania medziobzorovým závalom

Metodologickým východiskom pre navrhovanie a projektovanie závalových dobývacích metód je všeobecne platná – *Teória toku sypkých materiálov v zásobníkoch rudy*. Projektovanie medziobzorového dobývania na zával (MODZ) vždy rešpektuje konkrétne bansko-geologické podmienky na ložisku a vychádza z predpokladu uzavretého systému dobývania v ťažobnom bloku. Na obidvoch ložiskách je aplikovaný variant MODZ s romboídnym usporiadaním odťažbových chodieb na medziobzoroch. Charakteristickým znakom tejto dobývacej metódy je využitie frontálneho závalu v niekoľkých

Tab.1. Prehľad základných parametrov MODZ.

GEOMETRICKÉ PARAMETRE	PARAMETRE TOKU RÚBANINY A ZÁVALU	PREVÁDZKOVO – TECHNOLOGICKÉ PARAMETRE
Šírka odťažbovej chodby Zvislá výška medziobzoru Výška odťažby rúbaniny Osová vzdialenosť chodieb Výška odťažbovej chodby Vzdialenosť odťažbových komínov od hranice ťažobného bloku Projektovaný záber vejárov -úklon vejárov -uhol ústupu	Výstrednosť elipsoidu odťažby Odchýlka zvislej osi elipsoidu Šírka miesta odťažby Fragmentácia rúbaniny a závalu Hĺbka záberu lyžice nakladača Uhol vnútorného trenia rúbaniny a hlušiny Koefficient nakyprenia Objemová hmotnosť úžitkového nerastu	Dobývanie bez akumuláčného priestoru Ukazovatele racionality dobývania -výrubnosť -znečistenie -porubový výkon -prípravné práce Percentuálny podiel zásob na medziobzore Percentuálny podiel rudy z prípravných prác

¹ Doc.Ing. Viliam Bauer, CSc., Katedra dobývania ložísk a geotechniky Fakulty BERG Technickej univerzity, Park Komenského 19, 043 84 Košice

(Recenzovali: Prof.Ing. Ondrej Dojčár, CSc. a Ing. Stanislav Lukáč, CSc. Revidovaná verzia doručená 20. 12. 1998)

Šírka rozpojeného záberu		
--------------------------	--	--

odťažbových chodbách súčasne. Technologické operácie vŕtania, rozpojovania a odťažby rúbaniny, s využitím výkonných mechanizmov systému BBM, sú realizované v odťažbových chodbách. Špecifickým znakom MODZ – variant dobývania bez akumuláčného priestoru (BAP) je, že neumožňuje dosiahnuť vysokú hodnotu výrubnosti a znečistenie je vplyvom pôsobenia závalu väčšie ako pri iných dobývacích metódach. Zároveň dochádza k trvalým stratám rúbaniny pri dobývaní v podložných klinoch. Základné parametre dobývania medziobzorovým závalom pri romboidnom usporiadaní odťažbových chodieb prehľadne uvádza tab.1.

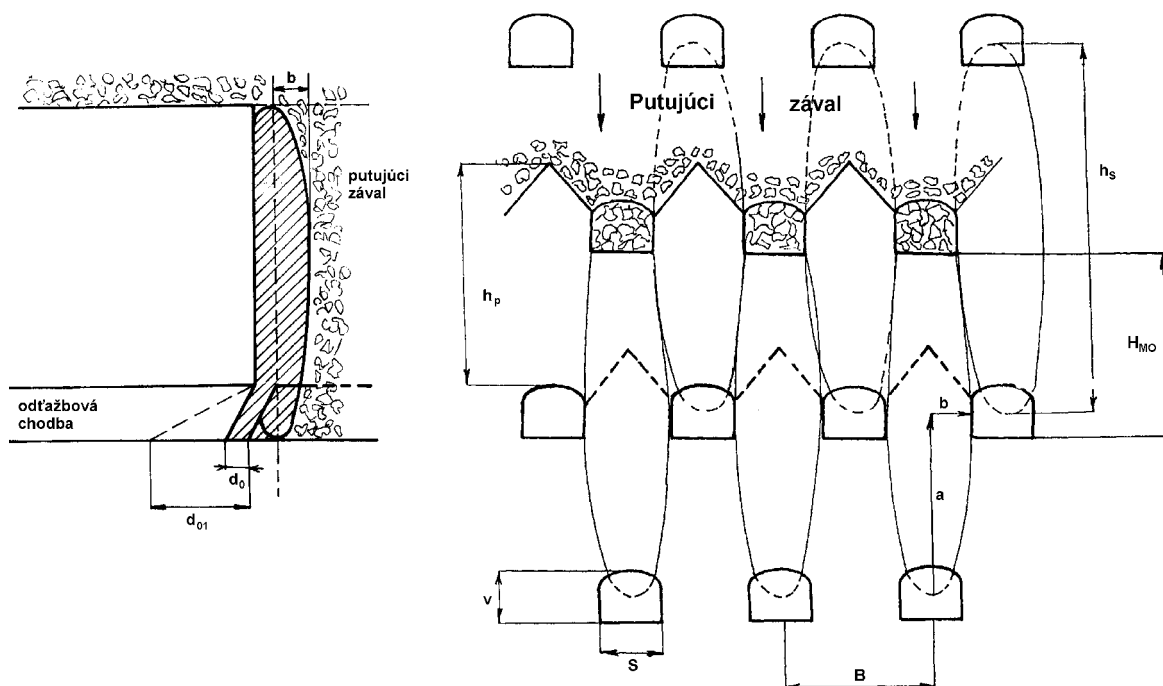
Bansko-technické podmienky dobývania na zával bez akumuláčného priestoru pri romboidnom usporiadaní medziobzorových chodieb

Z analýzy podmienok dobývania sideritových šošoviek na ložisku Manó-Gabriela a Kobeliarovo vyplýva, že veľkým problémom sú pri dobývaní nadložné a podložné klíny. Predovšetkým podložné klíny vytvárajúce sa pri dobývaní v úklonoch $\alpha_L = < 20^\circ, 40^\circ >$ sťažujú dobývanie, nakoľko sa v nich zastavuje putujúci zával sprievodných hornín. To ovplyvňuje celkovú geomechanickú situáciu dobývania v ťažbových blokoch a tiež vplyva na systém odťažby rúbaniny a teda aj na technologickú výrubnosť. Ukazuje sa, že len zvýšenie výrubnosti pri dobývaní podložných klinov rieši problém optimálneho vyrubania zásob na celom ložisku.

Niektoré teoretické aspekty dobývania na zával

Matematický popis dobývania na zával s romboidným usporiadaním odťažbových chodieb na medziobzore je všeobecne známy z odbornej literatúry (Bauer, 1989; Cullum, A.J., 1974). Základné zákonitosti toku rúbaniny v dvoch základných elipsoidoch pohybu boli stanovené laboratórne a odsúhlasené pri praktických aplikáciách jednotlivých závalových dobývacích metód.

Uvoľnením otvoru v odťažbovej chodbe sa vytvára aktívna oblasť gravitačného toku, t.j. priestorový rotačný elipsoid pohybu rúbaniny (obr.1). Tvar elipsoidu závisí od výšky vypúšťania, fyzikálno-mechanických vlastností vypúšťanej rúbaniny, granulometrie, vlhkosti a koeficientu trenia na kontakte rúbaniny a piliera (obr.2). Pre pohyb rúbaniny v celej výške elipsoidu (h) platí niekoľko empirických funkčných vzťahov, ktoré boli odvodené pre konkrétne prípady dobývania závalom (Cullum, A.J., 1974; Chatterjee, 1974; Trotter, 1981).



Obr.1. Priečny rez závalom na medziobzore. Obr.2. Geometrické znázornenie elipsoidov pohybu.

Pri analýze parametrov medziobzorového dobývania na zával a pri určovaní výšky medziobzoru H_{MO} vychádzame z nasledovnej funkčnej závislosti:

$$H_{MO} = F \{ B, \alpha_B, h_{HN}, Z, d_0, d_{01}, VY, ZN, P_V \}$$

B ... osová vzdialenosť odťažbových chodieb na medziobzore,
 α_B ... úklon ťažobného bloku,
 h_{HN} ... nepravá horizontálna hrúbka zrudnenia,
 Z ... projektovaný záber,
 d_0 ... hĺbka záberu odťažbového mechanizmu,
 d_{01} ... vzdialenosť odhodu primárneho rozvalu,
 VY ... výrubnosť,
 ZN ... znečistenie,
 P_V ... porubový výkon.

Pri dobývaní sideritových šošoviek na uvedených ložiskách sa ukazuje, že súčasná výška medziobzoru $H_{MO} = 8.5$ m je nevyhovujúca hlavne z týchto dôvodov:

- zvyšuje počet medziobzorov v ťažobnom bloku (v súčasnosti päť medziobzorov),
- narastá celkový počet odťažbových chodieb na medziobzore a v ťažobnom bloku,
- existujúca výška medziobzoru neumožňuje optimálne vyrúbanie šošoviek v nepriaznivých úklonoch,
- celková dĺžka produkčných chodieb na medziobzore a v ťažobnom bloku je veľká a neúmerne zaťažuje náklady na dobývanie,
- romboidné usporiadanie chodieb čiastočne sťažuje dobývanie v podložnom kline,
- pri odťažbe rúbaniny dochádza k predčasnemu toku závalových hornín (zával predbieha rúbaninu),
- putujúci zával sa nevytvára rovnako nad celým priestorom medziobzoru, čo ovplyvňuje geomechanickú situáciu v elipsoidoch pohybu.

Z toho dôvodu bolo v minulosti realizované pokusné dobývanie pri výške $H_{MO} = 10.0$ m, ktoré malo potvrdiť opodstatnenosť zmeny výšky medziobzoru.

Výpočet výšky medziobzoru

Ako vyplýva z teórie závalu sú pre určenie optimálnej výšky medziobzoru veľmi dôležité geometrické parametre dobývania a usporiadania odťažbových chodieb. Náklady na dobývanie sú priamo úmerné nákladom na realizáciu vnútroblokových prípravných banských diel - odťažbových chodieb - v dobývanom bloku. Z toho dôvodu je potrebné uvažovať so znížením ukazovateľa prípravných prác, ktoré je možné dosiahnuť:

- zväčšením výšky medziobzoru,
- znížením počtu produkčných chodieb na jednom medziobzore,
- kombináciou oboidvoch opatrení.

Numerické určenie výšky medziobzoru

Pri určení geometrickej výšky medziobzoru, ktorá zohľadňuje meniacu sa nepravú horizontálnu hrúbku šošoviek a ich premenlivý úklon, vychádzame z nasledovného výpočtového vzťahu:

$$H_{MOg} = \frac{h_{NH}}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha_B \quad [m] \quad (1)$$

kde h_{NH} nepravá hrúbka ťažobného bloku resp. hrúbka šošoviek (m),
 α_B uhol úklonu ložiska resp. bloku pri podloží ($^{\circ}$).

Pri zohľadnení skutočných sledovaných hodnôt a uvedeného výpočtového vzťahu je možné získať výsledky dokumentované v tab.2.

Pre konkrétny interval hrúbok $< 52, 70 >$ m a úklonov $< 20^\circ, 50^\circ >$, ktorý zohľadňuje existujúce prevádzkové pomery na ložisku, je možné určiť priemernú hodnotu hľadanej *geometrickej výšky medziobzoru* H_{MOg} , ktorá je rovná $H_{MOg} = 20.8$ m.

h_{NH} [m]	117	95	80	75	70	62	56	52	46	42	40
$\alpha=20^\circ$	21,3	17,3	14,6	13,6	12,7	11,3	10,2	9,5	8,4	7,6	7,3
$\alpha=25^\circ$	27,3	22,1	18,7	17,5	16,3	14,5	13,1	12,1	10,7	9,8	9,3
$\alpha=30^\circ$	33,8	27,4	23,1	21,7	20,2	17,9	16,2	15,0	13,3	12,1	11,5
$\alpha=35^\circ$	41,0	33,3	28,0	26,3	24,5	21,7	19,6	18,2	16,1	14,7	14,0
$\alpha=40^\circ$	49,1	39,9	33,6	31,5	29,4	26,0	23,5	21,8	19,3	17,6	16,8
$\alpha=45^\circ$	58,5	47,5	40,0	37,5	35,0	31,0	28,0	26,0	23,0	21,0	20,0
$\alpha=50^\circ$	69,7	56,6	47,7	44,7	41,7	36,9	33,4	31,0	27,4	25,0	23,8
$\alpha=60^\circ$	101,3	82,3	69,3	65,0	60,6	53,7	48,5	45,0	39,8	36,4	34,6
$\alpha=70^\circ$	160,7	130,5	109,9	103,0	98,2	85,2	76,9	71,4	63,2	57,7	54,9
$\alpha=80^\circ$	331,8	269,4	226,9	212,7	198,5	175,8	158,8	147,5	130,4	119,1	113,4

Tab.2. Geometrická výška medziobzoru.

Kritickú výšku medziobzoru $H_{MO KR}$ je možné definovať ako výšku elipsoidu vypúšťania, ktorá je ovplyvnená výpustnými otvormi a teda umiestnením odťažbových miest. Pri rovnakom profile a rovnakej vzdialenosti odťažbových miest sa kritická výška nemení (Černokur et al., 1992).

Pre určenie konkrétnej výšky medziobzoru pri MODZ s romboídnym

usporiadaním medziobzorových chodieb môžeme pri známej osovej vzdialenosti odťažbových chodieb použiť nasledovný empirický vzťah (Černokur et al., 1992):

$$H_{MO KR} = K_{KR} \cdot (B - s) \quad [m] \quad (2)$$

pričom výšku medziobzoru H_{MO} chápeme ako kritickú výšku v konkrétnych podmienkach vypúšťania rudy ($H_{MO KR}$).

kde K_{KR} ... empirický koeficient vyjadrujúci vplyv fragmentácie rúbaniny,

$K_{KR} = 7,2$ pri menšej fragmentácii rúbaniny,

$K_{KR} = 3,3$ pri strednej kusovosti rúbaniny,

B osová vzdialenosť odťažbových chodieb (m),

s šírka otvoru vypúšťania - šírka odťažbovej chodby (m).

Kritickú výšku medziobzoru $H_{MO KR}$ je možné určiť na základe osovej vzdialenosti odťažbových chodieb (B), šírky (s) a výšky (v) odťažbovej chodby, pri známej fragmentácii odťažovanej rúbaniny (K_{KR}), ako aj na základe geometrického usporiadania medziobzorových chodieb pri známom úklone ťažobného bloku resp. šošovky. Pri očakávanej kusovitosti vypúšťanej rúbaniny, kvantifikovanej empirickým koeficientom $K_{KR} = 3,3$ a pri projektovanej osovej vzdialenosti $B = 6,5 - 7,0$ m je výsledná priemerná hodnota

$$H_{MO KR} = 13,0 \text{ m.}$$

Pri výpočte optimálnej výšky medziobzoru vychádzame z nasledovného empirického vzťahu:

$$H_{MO} = \frac{V_{ERU} + Z \left[b \cdot \left(\frac{4v + 3h}{3} \right) \right]}{Z(2b + s)} \quad [m] \quad (3)$$

kde V_{ERU} ... objem odťaženej rúbaniny (m^3),

h výška rotačného primárneho elipsoidu pri odťažbe (m),

b .. poloos elipsoidu (m),

Z ... projektovaný záber (m),

s šírka odťažbovej chodby (m),

v ... výška odťažbovej chodby (m).

Za optimálnu výšku medziobzoru môžeme považovať takú výšku H_{MO} , pri ktorej budú výsledné ekonomické ukazovatele dobývania (výrubnosť a znečistenie) v požadovaných hraniciach. Vypočítaná hodnota optimálnej výšky medziobzoru $H_{MO OPT} = 13,4$ m umožňuje reálne uvažovať so

zväčšením výšky medziobzoru na hodnotu $H_{MO} = 12.5$ m, čo dáva predpoklady znížiť počet medziobzorov v rámci jedného ťažobného bloku na štyri, čím sa zníži dĺžka vyrazených metrov odťažbových chodieb. Návrh parametrov MODZ pre medziobzorovú výšku $H_{MO} = 12.5$ m predpokladá nasledovné hodnoty:

* výška medziobzoru	$H_{MO} = 12.5$ m
* počet medziobzorov	$P_{MO} = 4$
* výška obzoru	$H_O = 50.0$ m
* osová vzdialenosť chodieb	$B = 7.0$ m
* profil odťažbovej chodby	$PO-VI_1 = 2.8 \times 2.8$ m
* projektovaný záber	$Z = 1.2$ m
* výšky elipsoidov pohybu rúbaniny	
primárny elipsoid -	$h_P = 9.7$ m
sekundárny elipsoid -	$h_S = 22.0$ m
limitný elipsoid -	$h_L = 11.9$ m
* počet chodieb na jednom medziobzore	$P = 7$

Zväčšením výšky medziobzoru bude možné:

- čiastočne vylúčiť nežiadúci predčasný zával sprievodných hornín,
- podstatne znížiť objem závalových hornín pri odťažbe,
- dosiahnuť vyššiu technologickú aj geometrickú výrubnosť,
- zmenšiť ukazovateľ prípravných prác v ťažobnom bloku,
- zlepšiť spolupôsobenie parametrov závalu,
- dosiahnuť vyšší porubový výkon vplyvom kontinuálnej odťažby rúbaniny,
- vylepšiť výsledné ekonomické ukazovatele dobývania v celom bloku,
- dosiahnuť vyššiu produktivitu prác v ťažobnom bloku.

Záver

Teoretické poznatky a praktické skúsenosti z aplikácie závalových dobývacích metód potvrdzujú možnosť zvýšenia výšky medziobzoru na 12.5 m a dobývať tak sideritové šošovky na menšom počte medziobzorov. Zároveň sa ukazuje, že je možné optimalizovať jednotlivé aktivity dobývania realizované v ťažobnom bloku pri celkovej zmene parametrov dobývania. Určenie optimálnej a vyhovujúcej výšky medziobzoru, ako aj možnosť racionalizácie dobývania medziobzorovým závalom sú dané hlavne:

- dodržiavaním geometrických parametrov závalu a produkčných chodieb,
- vhodnou zmenou schémy vŕtania v produkčných chodbách,
- dôsledným sledovaním odťaženej množstva rúbaniny a závalových hornín v systéme odťažby,
- prijatím a aplikovaním zásad pre sledovanie a hodnotenie geomechanickej situácie v závalových horninách.

Literatúra

- Bauer, V., 1989: Možnosť zvýšenia výrubnosti pri dobývaní závalom na ŽB Nižná Slaná. *Rudy* č.6., *SNTL Praha*.
- Bauer, V., 1997: K niektorým teoretickým aspektom dobývania na zával. 9. *Medzinárodná banícka konferencia, Fakulta BERG Technickej univerzity Košice, 1997*.
- Cullum, A.J., 1974: Analysis of trends in sublevel caving mining system. *University of Queensland*.
- Černokur, V.R., Škrebko, G.S. a Šelegeda, V.I., 1992: Dobývanie rúd medziobzorovým závalom. *Nedra, Moskva*.
- Chaterjee, P., Just, G. and Ham, G., 1974: Design and evaluation of sublevel caving by dynamic digital simulation. *APCOM*.
- Sasvári, T., Maťo, L. a Mihók, J.: Štruktúrne, mineralogické a hospodárske predpoklady nových polôh sideritového zrudnenia v nižnoslanskom rudnom poli. *Acta Montanistica Slovaca, 4/96, Košice, 1996, s. 261-280*.
- Trotter, D.A., 1981: Design techniques for sublevel caving layouts. *CIM*.

