

Vplyvy zatápania rudných baní na niektoré zložky životného prostredia

V. Bauer: Some Environmental Influences of Loding of Ore Mines. Život. Prostr., Vol. 34, No. 6, 322–325, 2000.

The paper described the part of technical and technological problems, which are connected with environmental influences on the surface area. Environmental influences of loding of the ore mines was concentrated first of all on creating the model for judging the overall hydrogeological and geotechnical situation, as well as on modelling some technological underground systems of the ore mine, mainly the system of ventilation and pumping the underground mine waters. A part of the solution by flooding at the same time was judging the technical measures of flooding the mine, in the relation to the safety requirements of the surface situation and from the point of view of the environmental protection. The solution of the flooding was aimed at judging and re-evaluating all the aspects, factors, and influences of flooding the ore mine, first of all from the point of view of the supposed flow and movement of underground water, but also from the point of view of the existing geotectonic and tectonic-geological structures, within the relation to the past as well as existing mining activity. The result of the mining activity at the deposit is a vast extent of mine openings of the whole ore field, which consists of very branched system of mine openings, underground spatial objects and stopes on all the underground levels of the mine.

Vplyvom zmien v hospodárskom systéme nastalo aj v oblasti baníctva postupné utlmenie ťažby a likvidácia mnohých banských prevádzok. V súčasnosti sa likvidácia podzemných priestorov rudných baní realizuje najčastejšie procesom zatápania, čo si vyžaduje nielen riešenie technických a ekonomických problémov, ale aj komplexné posúdenie environmentálnych vplyvov. Na správne hodnotenie environmentálnych vplyvov treba poznať prírodné podmienky na likvidovaných rudných ložiskách, ktoré sú dané geologickými, hydrogeologickými, ako aj tektonickými pomermi v danom geologickom priestore. Proces zatápania prebieha samovoľne, na základe prúdenia podzemnej vody do uvoľnených priestorov, ktoré vznikli banskou činnosťou. Zdrojmi podzemných vôd sú hlavne povrchové vodné zdroje, ako sú vodné toky a zrážková voda, ale tiež technologická voda z banského podzemia. V každej prevádzkovanvej rudnej bani sa dlhodobo vytvára tzv. *ustálený prítok* vody, ktorý je závislý od postupu dobývania. V procese dobývania je hlavnou zásadou zabezpečenie riadeného prítoku vôd do ložiska, a teda do celého priestoru bane.

Dodržanie tejto zásady predpokladá také čerpanie podzemných vôd, aby bolo zaručené dostatočné odvodnenie priestorov v podzemí. Celkom odlišná situácia vzniká, keď rudná baňa končí s prevádzkou (a to z akýkoľvek príčin) a začína jej skutočná fyzická likvidácia. V tejto etape sa pozastaví čerpanie vôd, a tým nastáva postupné zatápanie voľných priestorov bane. Rýchlosť zatápania a stúpanie vodnej hladiny na jednotlivých obzoroch bane závisia predovšetkým od množstva pritekajúcej vody a od kubatúry otvorených priestorov (tzv. disponibilných priestorov bane), ako aj od priestorového rozloženia banských diel a podzemných priestorov. Prítoky vôd do bane možno pomerne spoľahlivo kvantifikovať prostredníctvom odberných miest v banských dielach a na základe prevádzkovej dokumentácie. Pri likvidácii podzemia bane zatápaním treba súčasne posúdiť celkovú geomechanickú charakteristiku horninového masívu v priestore likvidovanej rudnej bane, hlavne prehodnotiť stabilné pomery voľných priestorov. Tie okrem samotného napätového stavu ovplyvňujú geologicko-štruktúrne prvky na ložisku, fyzikálno-mechanické vlast-

nosti horninového masívu, hydrogeologické pomery a prevládajúci vodný režim na ložisku (Bauer, 1998; Zacharov, 1998). Aj keď v tomto príspevku vychádzame z praktickej aplikácie posudzovania niektorých environmentálnych vplyvov zatápania rudnej bane v Rudňanoch, hlavne vplyvov na geologické prostredie a vodu, tieto zovšeobecňujúce postupy možno využiť aj pri návrhoch, resp. pripravovaných projektoch likvidácie baní na iných rudných ložiskách (napr. Mária Baňa v Rožňave).

Banské podmienky na rudných ložiskách

Ťažobná činnosť na rudných ložiskách sa vždy vyznačovala negatívnymi dôsledkami na povrchové oblasti, pričom nešetrne zasahovala do všetkých zložiek životného prostredia. V tesnej blízkosti ťažobných a úpravárenských prevádzok vznikli haldy hlušín a odpadov, ktoré dlhodobo pôsobia ako banské záťaže, spôsobujú degradáciu povrchových pôd a vyvolávajú zmeny režimov povrchových a podzemných vôd. Nie menšie boli účinky samotného dobývania na povrch, ktoré sa prejavovali deformáciami, resp. prepادلiskami, a to nielen v dobývacom priestore ložiska, ale aj v jeho širšom okolí. Rozsah a forma poškodenia povrchu vždy súviseli s banskogeologickými podmienkami dobývania na ložisku, so zvolenými dobývacími metódami, s technológiou likvidácie vyrúbaného priestoru (základka, zával, výplň), ale aj s veľkosťou ťažby a umiestnením povrchových objektov (Bauer, 1994, 1988).

Banskou činnosťou sa často mení povrchová situácia, pričom vznikajú rôzne prejavy vplyvov poddolovania, ako sú deformácie tvaru poklesov, posunov a pod. Práve týmito deformáciami sú ovplyvňované tiež povrchové objekty (najčastejšie situované v ochranných pásmach dobývacieho priestoru), spádové pomery vodných tokov a odtokových území, banské objekty nevynímajúc. Často sa tieto prejavy objavujú na povrchových komunikáciách, násypoch a pod. Deformácie poddolovaného územia môžu v konečnom dôsledku spôsobiť výraznú a dlhodobú deštrukciu reliéfu terénu. Súčasne sa deformácie povrchu môžu prejavíť v zmene režimu podzemných a povrchových vôd, prípadne môžu vplývať na vznik bezodtokových prepادلísk a na zmenu lesného a agrárneho ekosystému. Všetky tieto možnosti sa prejavujú v dlhodobom časovom horizonte a môžu podstatne ovplyvniť časovú postupnosť procesu likvidácie rudnej bane. Aby sa pri likvidácii baní zabránilo väčším povrchovým škodám, používali sa v minulosti technológie zakladania vyrúbaných voľných priestorov bane. Z hľadiska potreby zachovania pomerne stabilného geologického priestoru aj po dobývaní a ťažbe, ale aj z hľadiska rekultivácie a sanácie terénu v poddolovanom dobývacom území, sa ukazuje opodstatnená ekonomická a ekologická potreba základkových technológií nielen pri

dobývaní, ale aj pri likvidovaní bane. Likvidácia opustených priestorov a diel v podzemí je poslednou etapou ešte žijúcej bane, ktorou sa uzatvárajú banské aktivity v dobývacom priestore. V zásade je spojená s likvidáciou povrchových prevádzok, s ktorou prebieha takmer vždy súčasne a zasahuje do všetkých príbuzných oblastí, ktoré sa rozvíjali v rámci ťažby, sociálnu oblasť nevynímajúc. Likvidácia bane je predovšetkým determinovaná banskotechnologickými podmienkami dobývania a zhodnotením celého procesu ťažby na ložisku. V rámci likvidácie rudnej bane (konkrétna rudná baňa má vždy iné východiskové podmienky na likvidáciu) je nevyhnutné posúdiť aktuálny stav geologického priestoru, hlavne z hľadiska geologických a hydrogeologických pomerov, ako aj geotechnických pomerov a podmienok.

Geotechnické podmienky stability banských diel sú pri likvidácii baní určujúce, a preto im treba venovať pri spracúvaní likvidačného projektu podzemia zvýšenú pozornosť. Na základe zhodnotenia stavu sa rozhodne o *suchom* či *mokrom*, resp. *kombinovanom spôsobe likvidácie*. Z ekonomického hľadiska sa najčastejšie uplatňuje zatápanie, teda *mokrý spôsob likvidácie bane*, dochádza pritom k postupnému prirodzenému zatopeniu všetkých podzemných priestorov. Pri tomto spôsobe sa fyzicky likvidujú všetky technické zariadenia, technologické uzly a technické banské systémy v podzemí. Tento spôsob likvidácie si vyžaduje vykonanie nevyhnutných opatrení na zamedzenie nežiaducich dôsledkov zatápania na povrch. Likvidáciu rudnej bane možno najjednoduchšie realizovať jej urýchleným opustením a uzavretím. Pri mokrej likvidácii bane sa musí uvažovať s režimom podzemných vôd, ktorý sa komplexne posúdi z hľadiska (Hatala, 1992):

- maximálnej výšky hladiny spodných vôd (vplyv infiltrčných zón podzemných vôd a stálych vodných tokov),
- chemického zloženia vôd vodonosných horizontov (znečistenia vôd zvyškovými produktmi po banskej činnosti).

Proces zatápania rudnej bane

V súvislosti so zatápaním rozsiahlych podzemných priestorov konkrétnej rudnej bane treba riešiť množstvo technických a environmentálnych problémov. Každá rudná baňa zahŕňa veľké územie na povrchu a značný priestor v podzemí, z toho dôvodu treba prejavy zatápania modelovať. Východiskom je existujúci stav sústavy banských diel a priestorov, ktorá sa bude počas niekoľkých rokov postupne zatápať. Vzhľadom na doznievajúcu ťažbu na ložisku, treba zatápať banské podzemie po etapách. Riešenie problémov zatápania bane predpokladá posúdiť a prehodnotiť všetky aspekty, faktory a vplyvy z hľadiska pohybu podzemnej vody, geotekto-

nických a tektonicko-geologických štruktúr, hlavne vo vzťahu k predošlej i existujúcej banskej činnosti. Definované zlomové štruktúry v celom rudnom poli treba prehodnotiť z hľadiska priepustnosti vody a mechanických pohybov tektonických blokov.

Banská činnosť zanechala na ložisku rozvetvenú sústavu voľných banských diel, podzemných objektov a iných otvorených priestorov na všetkých hlbinných obzorochoch bane. Disponibilná kubatúra týchto priestorov je dnes, hlavne v prípade vyrúbaných ťažobných blokov, ťažko identifikovateľná. Súčasťou zatápania sú také technické opatrenia, ktorých vplyvy na geologické prostredie bane a zložky životného prostredia na povrchu budú minimálne.

Z hľadiska posúdenia environmentálnych dôsledkov zatápania bane treba brať do úvahy statickú a dynamickú hladinu podzemnej vody, resp. určiť smery jej prúdenia v celom priestore bane. Prognózované pohyby podzemnej vody sa posudzujú vo vzťahu k atmosférickým zrážkam a následným prítokom vôd do podzemia bane. Zatápanie bane sa spravidla plánuje po dedičný obzor bane (pokiaľ na ložisku existuje), kde nastáva miešanie vytekajúcich a pritekajúcich vôd. Preto sa musí posúdiť táto možnosť a určiť chemizmus týchto vôd.

Častokrát sa pri zatápaní ukazuje reálna možnosť oslabovania tektonicky porušených zón vplyvom prúdenia vody a vznik oblastí poddolovania, závalových pásiem a deformácií povrchu.

Predpokladom správneho technického riešenia zatápania bane je prehodnotenie systému vetrania na základe novovzniknutej situácie a návrh vetracích objektov na zabezpečenie požadovaného režimu vetrania opuste-



ných i činných pracovísk. Aj pre systém čerpania banských vôd treba navrhnuť zmeny. Všetky navrhované technické opatrenia sa posudzujú z ekonomického hľadiska, a zároveň sa analyzujú všetky negatívne vplyvy procesu zatápania bane, čo umožňuje navrhnuť a prijať konkrétne technické opatrenia na zamedzenie nežiaducich vplyvov (Búgel, Zeleňák, 1999).

Procesu zatápania bane predchádza analýza bansko-technickej situácie bane a bansko-technologickej situácie na ložisku, ktorá vychádza zo základnej charakteristiky ložiskových žilných štruktúr a z celkového hodnotenia technického stavu podzemia bane. Súčasťou bansko-technickej analýzy je posúdenie technického stavu systému čerpania podzemných vôd, ktorý je pri riadenom procese zatápania rudnej bane veľmi dôležitý. Pre konkrétne prípady zatápania sa tento systém musí projektovať pre oblasť živej, t. j. doznievajúcej časti bane, ako aj pre tú oblasť bane, ktorá sa likviduje. Podobným spôsobom sa musí vykonať bansko-technická analýza systému vetrania bane.

Súčasťou hodnotenia bansko-technickej situácie je tiež posúdenie podzemných banských diel a priestorov, ktoré sa stanú predmetom zatopenia, ich charakteristik a kubatúry. Ich *skutočný disponibilný objem* je dôležitý pre stanovenie výslednej (spravidla len predpokladanej) *celkovej kubatúry priestoru zatápania*. S určením voľnej kubatúry podzemných priestorov bane úzko súvisí riešenie geotechnických a hydrogeologických problémov zatápania. Pri hodnotení súčasného geotechnického a geotektonického stavu otvorených a zavalených priestorov na ložisku sa musí prehodnotiť napäťovo-deformačný stav celého zatápaného územia, ale aj *očakávané tlakové pomery*. Vychádza sa pritom z geologických, tektonických a štruktúrnych pomerov v celom rudnom poli, ale zvlášť sa hodnotí napäťovo-deformačný stav horninového masívu v tých oblastiach, ktoré z hľadiska zatápania predstavujú tzv. *nebezpečné zóny* (Hatala, 1992; Bauer, 1998).

Vplyvy zatápania na povrchovú situáciu

Pri banskej činnosti sa spravidla na všetkých ťažených rudných ložiskách priebežne evidovali prítoky vôd (najčastejšie povrchových, pochádzajúcich zo zrážok) do banských diel, pričom sa sledovala ich maximálna intenzita. Často boli na ložiskách zaznamenané tzv. skryté prestupy vody z povrchových tokov, ktoré nebolo možné kvantifikovať. Súčasťou riešenia hydrogeologických problémov je posúdenie vplyvu zatápania na podzemné a povrchové vody, ako aj vytekanie banských vôd na povrch. Ich množstvo vždy závisí od klimatických pomerov a od čerpaného množstva vody z bane. Hydrogeologické pomery konkrétneho rudného a banského poľa sú klasifikované podľa určitých kategórií – I., II., III., ktoré charakterizujú priepustnosť hornín.

Možné vplyvy procesu zatápania na životné prostredie

Z hľadiska posudzovania vplyvov procesu zatápania na niektoré zložky životného prostredia sa riešia predovšetkým problémy súvisiace s:

- likvidáciou ropných látok, mazadiel, olejov, emulzií a pod.,
- charakteristikou zmeneného chemizmu vôd a mineralizácie,
- agresivitou banských vôd.

Prípadnému znečisteniu ropnými látkami, mazadlami, olejmi a pod. sa musí predísť demontážou banských zariadení. Pri veľkom počte týchto zariadení, resp. mechanizmov v podzemí bane, je pomerne vysoká pravdepodobnosť, že môže dôjsť k lokálnemu znečisteniu, ale v dôsledku toho aj k znečisteniu povrchových vôd. Pri dodržaní pravidiel likvidácie ropných látok ešte pred samotným zatopením bane nie je predpoklad takého znečistenia geologického prostredia, ktoré by ovplyvnilo kvalitu podzemných vôd.

Pri komplexnom posudzovaní zatápania bane je vždy potrebné posúdiť a zohľadniť chemizmus banských a podzemných vôd v banských dielach (Búgel, Zeleňák, 1998). Súčasťou posúdenia sú údaje: a) o kvalite čerpaných banských vôd, b) o kvalite zrážkových vôd, ktoré sa posudzujú tiež na základe legislatívnych nariadení a rozhodnutí.

Pri posudzovaní súčasného, prípadného zmeneného chemizmu vôd po zatopení bane sa musia brať do úvahy najdôležitejšie protolytické systémy v prírodných a úžitkových vodách, ktoré ovplyvňujú ich zloženie a vlastnosti. Chemické rozboru banských vôd stanovujú ich pH a poukazujú na prítomnosť minerálov, resp. ťažkých kovov, ako je sodík, vápnik, horčík, železo, chloridy, sírany, hydrouhličitany a na celkovú mineralizáciu. Pri zatápaní bane sa predpokladá, že podzemné priestory sa naplnia vodou a jej zdržanie v podzemí vyvolá zvýšený obsah súčastí v systéme (mineralizáciu). Po určitom čase by sa mal vytvoriť rovnovážny stav pre danú teplotu a koncentrácie jednotlivých zložiek v systéme. Pre hodnotenie agresívnych alebo inkrustujúcich súčastí vôd je jednou z najdôležitejších vápenato-uhličitanová rovnováha, za neagresívne sa považujú vody s celkovou mineralizáciou nad 150 mg.l⁻¹. Kvalita vypúšťaných vôd z bane sa určuje podľa predpísaných ukazovateľov znečistenia. Pri procese zatápania bane a pri vypúšťaní banských vôd na odkaliská je dôležité zamedziť znečisteniu vôd a sledovať zloženie vytekajúcej vody. Vytekajúca voda musí vyhovovať stanoveným normám. Treba tiež sledovať agresívne účinky vody pri jej styku tak s kovovými predmetmi, ako aj stavebnými prvkami. Z toho dôvodu je potrebné monitorovať stanovené ukazovatele a vykonávať analýzy vzoriek vody v pravidelných časových intervaloch.

Problematika zatápania baní je v súčasnosti veľmi aktuálna na viacerých likvidujúcich sa rudných ložiskách (Rudňany, Slovinky a iné) a ďalších, ktoré sa na likvidáciu pripravujú (napr. Mária Baňa v Rožňave). Viacero prác a expertíznych posudkov sa týka posudzovania environmentálnych vplyvov banskej činnosti hlavne z hydrogeologického hľadiska, napr. rudné bane Smolník, Kišovce-Švábovce, B. Štiavnica-Hodruša, Novoveská Huta, Rožňava a iné, ale tieto nemajú metodický charakter. V úvode článku spomínaná štúdia mala za úlohu okrem iného navrhnúť metodický postup hodnotenia vplyvov zatápania na konkrétnom prípade jednej rudnej bane – v Rudňanoch. Metodický postup by mal byť použiteľný na riadenie procesu zatápania ľubovoľnej rudnej bane, pri zohľadňovaní jej špecifických podmienok. Tento proces bude musieť byť neustále kontrolovaný, sledovaný, monitorovaný a vyhodnocovaný. Vzhľadom na skutočnosť, že mnohé vplyvy procesu zatápania sú len prognózované, nie je celkom možné zhodnotiť ani všetky environmentálne prejavy. Navrhované riešenia sú výsledkom spolupráce zainteresovaných odborníkov z oblasti dobývania, geológie, životného prostredia, hydrogeológie, geotechniky, prípadne iných oblastí.

Literatúra

- Bauer, V., Čech, J., 1988: Rozvoj ťažby a banských aktivít rudnianskeho rudného poľa. Technicko-ekonomická štúdia, TU Košice.
- Bauer, V., 1994: Analýza a posúdenie možnosti ukladania technologických odpadov v opustených rudných baniach. Habilitačná práca.
- Bauer, V. a kol., 1999: Environmentálne vplyvy zatápania bane Rudňany. Záverečná správa štúdie, TU Košice – BERG.
- Hatala, J., 1992: Hodnotenie stupňa stability a životnosti banských diel likvidovaných baní. Grantový výskum, TU Košice.
- Midlík, J., 1997: Výpočet voľnej kubatúry priestorov pre zatápanie bane. ŽB Spišská Nová Ves, a. s., závod Rudňany.
- Zacharov, M., 1998: Štúdia štruktúrno-hydrogeologických pomerov na ložisku v Rudňanoch. Záverečná práca zmluvného výskumu, TU Košice.
- Zeleňák, F., Búgel, M., 1999: Posúdenie vplyvov zatápania na charakter povrchových a podzemných vôd. Záverečná správa zmluvného výskumu Zatápanie bane Rudňany. TU Košice.

Doc. Ing. Viliam Bauer, CSc. (1955), Katedra dobývania ložísk a geotechniky Fakulty baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií TU Košice, Park J. A. Komenského 14, 043 84 Košice. E-mail: bauer@tuke.sk