

Ing. Pavel T r ý z n a, VÓHU
RNDr. Karel H a a s, VÓHU

Využití měření obsahů tritia a uhlíku 14 při sledování režimu
podzemních vod v krystaliniku v předpolí VČSA

Velkolom československé armády /VČSA/ patří do skupiny rozvojových povrchových dolů v severočeském hnědouhelném revíru. Jeho úkolem pro příští období do r. 1995 je vyuhlení zásob kvalitního hnědého uhlí v pánevní oblasti, přiléhající ke svahům Krušných hor v prostoru mezi vrchem Jezerka a zámkem Jezeří na katastrech bývalých obcí Kundratice, Dřínov a Albrechtice. Postup lomu a báňská koncepce vyuhlení jsou výrazně ovlivňovány složitými geologickými a stabilitními poměry na úpatí Krušných hor. Postup porubních front pod strmými svahy hor ve výchozových a okrajových partiích uhelného ložiska je dále komplikován výskytem kvartérních sutí, jejichž mocnosti dosahují až několika desítek metrů, hlubinným dobýváním uhlí na bývalých dolech Grohmann a Koněv a v neposlední řadě báňsko-hydrogeologickými podmínkami, které mají specifický charakter. Zvodnění je vázáno na relativně málo propustné kolektory, takže podzemní vody neohrožují postup VČSA průvalem vody, případně i písku do lomu, avšak působí nepříznivě na stabilitu jak v sedimentárních horninách, tak v krystaliniku.

Na počátku osmdesátých let byly v pracích Ústavu geologie a geotechniky ČSAV publikovány názory a závěry, které zpochybňují stabilitu svahů krystalinika Krušných hor v souvislosti s odtěžením sedimentárního pokryvu na jejich úpatí během postupu VČSA. Byly zahájeny rozsáhlé a nákladné průzkumné a výzkumné akce, jejichž cílem je zhodnotit míru rizika vyplývajícího z případného narušení stability strmých a dlouhých svahů rulového krystalinika, které bude odkryto v bočním svahu VČSA a navrhnout opatření, která by riziko případného sesuvu snížila na únosnou mez. V souvislosti s řešením stability je značný význam připisován puklinovým podzemním vodám

rulového masivu. Mimorevírní řešitelské organizace, zejména ÚGG ČSAV a Stavební geologie n.p., požadují podrobné odvodnění krystalinika a očekávají, že toto opatření podstatně zvýší stabilitu.

Proto byl zahájen podrobný hydrogeologický průzkum svahů Krušných hor, přiléhajících k dobývacímu prostoru VČSA, byla a jsou nadále realizována hydrogeologická pozorování v průzkumných štolách Jazeří a Jezerka vyražených do svahů hor, rozvíjí se režimní měření hladin podzemní vody v pozorovacích vrtech. Cílem uvedených prací je poznání režimu puklinových podzemních vod krystalinického masivu a získání potřebných podkladů jak pro vlastní stabilitní řešení, tak pro posouzení možností odvodnění.

Jednou z významných metod, která umožňuje zvýšit úroveň poznání režimu puklinových podzemních vod v předmětném prostoru, je měření přirozeného obsahu tritia a uhlíku 14 ve vodách, vyvěrajících z puklinových systémů.

Hydrogeologická charakteristika a průzkum krystalinika

Komplex metamorfovaných hornin rulového charakteru, který tvoří jednak hluboké pánevní podloží, jednak svahy hor, je heterogenní jak z geomechanického, tak z hydrogeologického hlediska.

Krystalinikum je zvodněným kolektorem s puklinovou propustností, zvodnění je vázáno na propustné puklinové systémy, které jsou často nespojitě a podzemní voda v nich v podstatě stagnuje. Živější oběh vod v krystaliniku je soustředěn především na pásmo povrchového rozpojení puklin a na průběžné a hluboké puklinové systémy tektonického původu, které mají víceméně samostatné režimy podzemní vody.

Hydrogeologické poměry krystalinika pod sedimentárním pokryvem v okrajové oblasti uhelného ložiska na úpatí hor v dobývacím prostoru VČSA byly ověřovány v rámci I. a II. etapy hydrogeologického průzkumu v letech 1975 až 1980. Výsledky

tohoto průzkumu prokázaly malé zvodnění krystalinika. Maximální vydatnosti průzkumných vrtů se ve většině případů pohybovaly v desetínách až setínách litrů vteřinových. Koeficient filtrace dosahoval nízkých hodnot 10^{-6} až 10^{-8} m.s⁻¹. Předběžné výsledky průzkumných prací v prostoru Albrechtice-Jiřetín rovněž prokazují hydrogeologickou heterogenitu krystalinika, obecně malou propustnost a zvodnění. Prozatím pouze v jediném případě byl průzkumným vrtem zasažen puklinový systém s vydatností větší než 1 l.s⁻¹.

Důležité informace o zvodnění krystalinika Krušných hor přinesly průzkumné štoly Jezeří a Jezerka. Ve snaze blíže dokumentovat a objasnit charakter režimu puklinových vod, zachycených průzkumnými štolami, byly ze všech významnějších vývěrů odebrány vzorky a zjišťován přirozený obsah obou radionuklidů, zejména tritia. Výsledky měření umožňují posoudit nejen stáří drénovaných podzemních vod, ale též charakter zásob podzemních vod v rulovém krystaliniku, možnosti jejich doplňování infiltrací a jsou i důležitým podkladem pro prognózu drenážního účinku odvodňovacích objektů, které budou eventuálně v krystaliniku realizovány.

Měření tritia v podzemní vodě ve štole Jezeří

V tabulce č. 1 jsou uvedeny hodnoty obsahu tritia ve vzorcích odebraných u ústí štoly a okamžitá sumární vydatnost měřená před portálem chodby v odměrné nádobě.

Obsah tritia a sumární okamžitá vydatnost

tab. č. 1

Datum odběru	Obsah T.U	Okamžitá vydatnost Bq.s^{-1}
10.11.1980	< 3	-
8.12.1980	5 ± 5	-
18. 2. 1981	17 ± 5	2,92
23. 3. 1981	15 ± 4	2,92
26. 3. 1981	25 ± 4	3,98
30. 3. 1981	28 ± 4	2,53
6. 4. 1981	16 ± 4	2,19
13. 4. 1981	25 ± 4	2,08
21. 4. 1981	17 ± 4	1,79
27. 4. 1981	25 ± 4	1,68
4. 5. 1981	18 ± 4	1,82
11. 5. 1981	12 ± 4	1,79
18. 5. 1981	16 ± 4	1,59
25. 5. 1981	8 ± 4	1,58
1. 6. 1981	6 ± 5	1,56
8. 6. 1981	17 ± 4	2,04
15. 6. 1981	6 ± 5	1,9
29. 6. 1981	16 ± 4	1,79
13. 7. 1981	< 3	1,59
27. 7. 1981	11 ± 5	1,79
31. 7. 1981	5 ± 5	1,65
7. 8. 1981	10 ± 6	1,79
17. 8. 1981	5 ± 5	1,65
31. 8. 1981	15 ± 5	1,79
14. 9. 1981	8 ± 5	1,5
5.10.1981	10 ± 5	1,4

Grafické vyjádření hodnot okamžité vydatnosti z tabulky č. 1 je na obr. č. 1, který je doplněn o hodnoty průměrných měsíčních a denních atmosférických srážek.

Po první sérii měření obsahu tritia ve štolě Jezeří a ustálení vývěrů byly ve štolě vybrány významnější přítoky a proveden selektivní odběr vzorků vody s následným měřením obsahu tritia. Nenulový obsah tritia byl zaznamenán pouze v sumárním přítoku u ústí štoly /0 metrů/ a ve vzdálenosti 69 metrů od ústí. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Obsah tritia v nejvýdatnějších vývěrech vody ve štolě Jezeří
tab. č. 2

Datum odběru	Obsah tritia v T.U					
	0 m	69 m	140 m	247 m	364 m	380 m
25. 10. 1982	13 ^{±5}	30 ^{±6}				
8. 11. 1982	9 ^{±5}	28 ^{±5}				
23. 11. 1982	13 ^{±5}	34 ^{±6}				
6. 12. 1982	12 ^{±5}	36 ^{±6}				
21. 12. 1982	15 ^{±5}	35 ^{±6}				
6. 1. 1983	25 ^{±5}	50 ^{±7}	<3	<3	<3	<3
18. 1. 1983	10 ^{±5}	30 ^{±6}				
1. 2. 1983	8 ^{±5}	23 ^{±5}				
15. 2. 1983	10 ^{±5}	25 ^{±5}				
2. 3. 1983	5 ^{±5}	20 ^{±5}				
15. 3. 1983	8 ^{±5}	22 ^{±5}				
1. 4. 1983	14 ^{±5}	38 ^{±6}	<3	<3	<3	<3
18. 4. 1983	10 ^{±5}	25 ^{±5}				
3. 5. 1983	5 ^{±5}	18 ^{±5}				
24. 5. 1983	9 ^{±5}	15 ^{±5}				
6. 6. 1983	7 ^{±5}	18 ^{±5}	<3	<3	<3	<3
29. 6. 1983	16 ^{±5}	30 ^{±6}				
27. 7. 1983	5 ^{±5}	25 ^{±5}				
12. 8. 1983	5 ^{±5}	22 ^{±5}				
30. 8. 1983	5 ^{±5}	18 ^{±5}	<3	<3	<3	<3

Grafická závislost obsahu tritia pro vzdálenost 0 a 69 m od ústí štoly je na obr. č. 2.

Měření uhlíku 14 v podzemní vodě ve štole Jezeří

Vzhledem k nulovému obsahu tritia v podzemní vodě, vyvěrající z puklinových systémů krystalinika v úseku od staničení 69 m k poslední čelbě chodby, byl proveden odběr uhličitánů pro měření uhlíku 14. Pro tento účel bylo nutno zpracovat 1 500 litrů vody, jelikož koncentrace uhličitánů ve zkoumané podzemní vodě je nízká.

Po provedeném měření bylo zjištěno, že obsah uhlíku 14 činí 51,4 % současného světového srovnávacího standartu /NBS/. Tato hodnota odpovídá nekorigovanému stáří cca 5 000 roků.

Měření tritia v podzemní vodě ve štole Jezerka

Obdobně jako ve štole Jezeří byl i ve štole Jezerka, ale již v průběhu ražení, prováděn odběr vzorků vody a měření obsahu tritia. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Obsah tritia v podzemní vodě ve štole Jezerka tab. č. 3

Datum odběru	Lokalizace místa odběru /dle staveb. deníku/	Obsah T.U
22. 3. 1982	TH 153	55 $\pm$ 8
23. 3. 1982	TH 153	55 $\pm$ 8
25. 3. 1982	TH 159	44 $\pm$ 7
27. 4. 1982	-	7 $\pm$ 5
28. 4. 1982	149 m	< 3
28. 4. 1982	148 m	< 3
5. 5. 1982	-	18 $\pm$ 5
17. 5. 1982	130 m	23 $\pm$ 6
4. 6. 1982	18,8 m	7 $\pm$ 5
10. 6. 1982	100 m	17 $\pm$ 5
17. 6. 1982	130 m	26 $\pm$ 6
23. 6. 1982	RO II b - 13,8 m	53 $\pm$ 8
6. 7. 1982	135 m	52 $\pm$ 8
6. 7. 1982	183,7 m	15 $\pm$ 5
11. 8. 1982	RO II b - 13,8 m	35 $\pm$ 6

pokračování tab. č. 3

11. 8. 1982	208 m	5 ± 5
14. 9. 1982	RO II b - 13,8 m	51 ± 7
14. 9. 1982	staničení 268 m	13 ± 5
14. 9. 1982	230,3 m	16 ± 5
20.10. 1982	staničení 185 m	6 ± 5
20.10. 1982	" 270 m	< 3
20.10. 1982	" 313,3 m	< 3
28.10. 1982	353,9 m	12 ± 5
19. 1. 1983	staničení 444 m	< 3
19. 1. 1983	staničení 355 m	5 ± 5
19. 1. 1983	staničení 313,3 m	< 3
16. 3. 1983	200 m - vrt s 57	36 ± 6
16. 3. 1983	230 m	38 ± 6
16. 3. 1983	staničení 313 m	14 ± 5

Obsah trití v měsíčních srážkách je uveden v tab. č. 4.

Obsah trití v atmosférických srážkách ve stanici Fláje

tab. č. 4

Měsíc	1980	1981	1982	1983
I	25 ± 6	21 ± 5	18 ± 5	6 ± 5
II	22 ± 6	28 ± 6	17 ± 5	7 ± 5
III	31 ± 7	30 ± 6	32 ± 6	51 ± 7
IV	32 ± 6	55 ± 6	52 ± 8	22 ± 5
V	70 ± 8	61 ± 8	50 ± 8	43 ± 6
VI	80 ± 9	60 ± 8	40 ± 7	40 ± 6
VII	60 ± 8	50 ± 8	67 ± 8	32 ± 6
VIII	65 ± 8	45 ± 6	50 ± 8	25 ± 5
IX	40 ± 7	40 ± 6	25 ± 5	10 ± 5
X	35 ± 7	20 ± 5	27 ± 5	30 ± 6
XI	20 ± 5	15 ± 5	16 ± 5	12 ± 5
XII	20 ± 5	14 ± 5	17 ± 6	9 ± 5

Závislost obsahu tritia ve srážkových vodách reprezentovaných stanicí na Flájské přehradě a obsahu tritia ve vodě z výtoků ze štoly je uvedena na obr. č. 3.

Diskuse výsledků:

Z naměřených výsledků přirozeného obsahu tritia ve vodě, která vytéká ze štoly Jezeří, je možno konstatovat, že sumární přítok je tvořen vodou, která je v kontaktu s atmosférickými srážkami, a proto s nenulovým obsahem tritia. Tato "mladá" voda vytéká ve vzdálenosti 0 až 69 metrů od ústí štoly. Ostatní vývěry vody ve vzdálenosti 69 - 420 metrů vykazují vesměs nulový obsah tritia, což odpovídá "tritiovému stáří" většímu než 35 roků. Tento údaj dobře koresponduje s měřením uhlíku 14, podle kterého nekorigované "radiouhlikové stáří" je rovno 5 000 roků. Protože byl měřen uhlík 14 v sumárním výtoku, kde jde o směs vody, bude hodnota "radiouhlikového stáří" vody s nulovým obsahem tritia ještě poněkud vyšší.

Z obr. č. 1 je možno pozorovat postup "odvodňování" vyražené štoly Jezeří a závislost okamžité vydatnosti na atmosférických srážkách. V pořádku pozorování reagoval celkový přítok ze štoly bezprostředně na denní srážky /březen 1981/, postupně hodnota okamžitého výtoku klesala až na hodnotu kolem 1 l.s^{-1} v současné době, již bez okamžité odezvy na atmosférické srážky. Při porovnání obsahu tritia ve vývěru ze staničení 0 m a 69 metrů s obsahem tritia ve srážkách /obr. č. 3/, můžeme určit časový posun /"tritiové stáří"/ mezi vodou z tohoto úseku chodby a atmosférickými srážkami, který činí cca 6 měsíců.

Na obr. č. 2 je uveden obsah tritia v sumárním přítoku a ve vývěru z 69 metrů. Z uvedených hodnot je možno určit, že voda s vyšším obsahem tritia z 69 metrů je ředěna vodou s nulovým obsahem tritia v poměru 1:3.

Z výsledků získaných z měření ve štole Jezerka vyplývá, že s přibývajícím délkou ražení štoly klesá obsah tritia. Je

zřejmě, že v době měření nedošlo dosud k ustálenému stavu jako je tomu již ve štole Jezeří. V současné době již řada vývěrů ustala.

Předpokládá se, že měření ^3H v báňských průzkumných dílech v prostoru Jezerka bude pokračovat i v příštím období po ustálení hydrodynamických poměrů podzemních vod v dosahu průzkumných objektů.

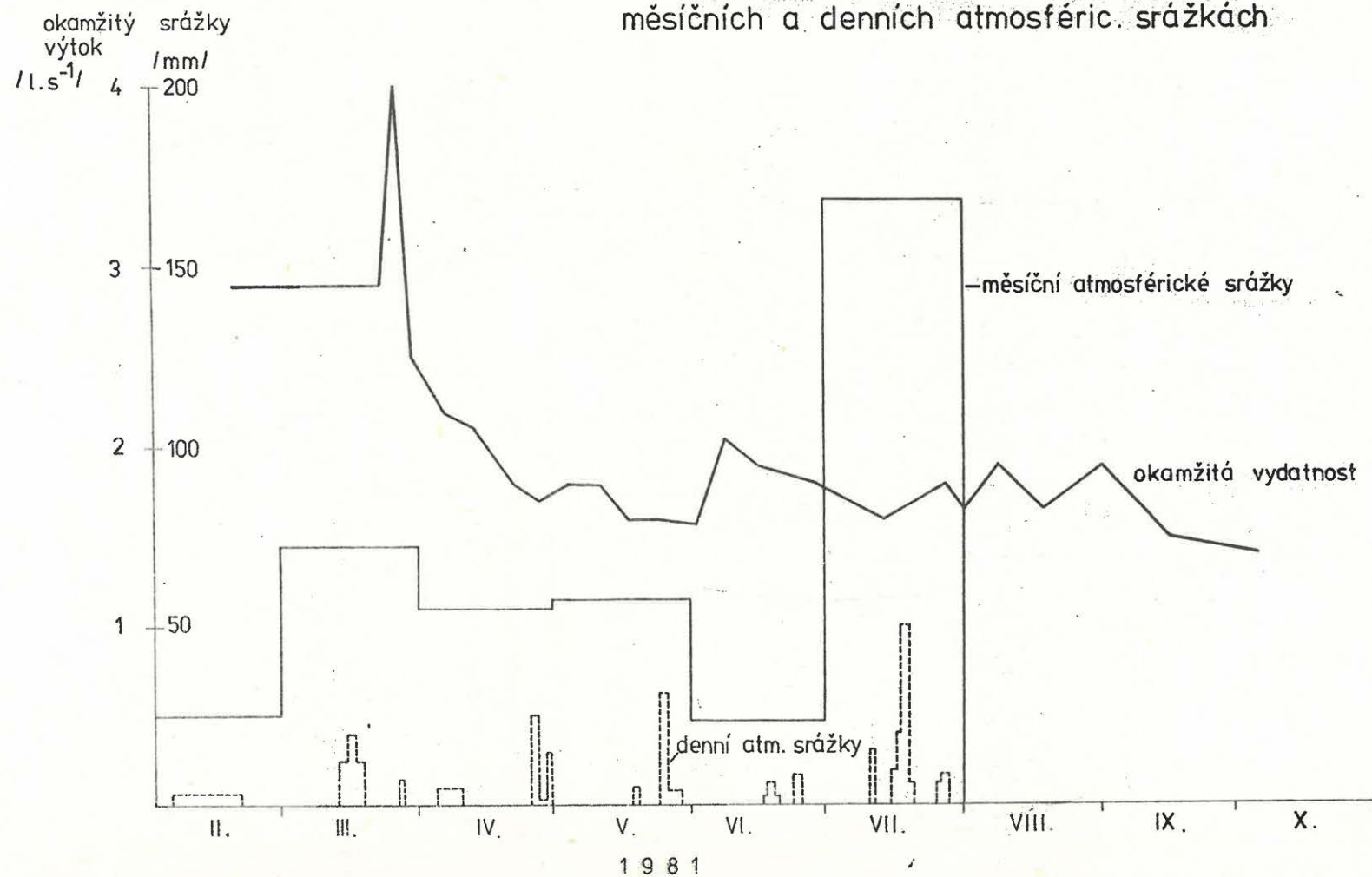
Závěr

Vzhledem k délce průzkumných štol jsou trvalé sumární přítoky podzemní vody do těchto báňských průzkumných objektů velmi nízké. Specifický přítok dosahuje ve štole Jezeří v současné době hodnoty $2,3 \cdot 10^{-3} \text{ l.s}^{-1} \cdot (\text{bm})^{-1}$, ve štole Jezerka pouze $6,42 \cdot 10^{-4} \text{ l.s}^{-1} \cdot (\text{bm})^{-1}$.

Rychlý pokles počátečního vyššího sumárního přítoku svědčí o tom, že průzkumné chodby odvodnily především relativně stagnující podzemní vodu z uzavřených puklinových systémů. Výsledky měření obsahu tritia a uhlíku 14 v podzemních vodách v obou průzkumných dílech jsou zcela v souladu s pozorovaným rychlým poklesem vydatnosti průzkumných chodeb a přímo dokumentují relativně stagnující charakter převážně částí podzemních vod krystalinika. Oběh podzemní vody ve většině puklinových systémů je velmi pomalý, což je dokumentováno velkým "radiouhlíkovým stářím" zkoumané vody. Z tohoto faktu dále vyplývá, že průtočnost puklinových systémů je obecně nízká a drenážní účinek odvodňovacích prvků velmi omezený.

Uvedené poznatky jsou důležité při hodnocení možnosti odvodnění krystalinika Krušných hor pro zvýšení stability svahů. V souladu s předběžnými výsledky hydrogeologických průzkumných prací v zájmovém prostoru ukazují, že požadavky řešitelů stability na podrobné odvodnění krystalinika jsou již z hydrogeologického hlediska velmi problematické, nehledě na aspekty ekonomické a časové.

Obr.č.1 Závislost okamžité vydatnosti na průměrných měsíčních a denních atmosféric. srážkách



T.U.

50

40

30

20

10

X.

XI.

XII.

I.

II.

III.

IV.

V.

VI.

VII.

VIII.

1982

1983

Obr.č.2 Časový průběh obsahu tritia ve vodě odebrané ve vzdálenosti
0 metrů a 69 metrů od ústí štoly Jezeří

69 metrů

0 metrů

Obr. č.3 Určení časové retardace mezi atmosférickými srážkami
a vývěry vody ze štoly Jezeří

