

INIS-mf-9417

2034/13/11/11/11

ČSVTS — SLOVENSKÁ VODOHOSPODÁRSKA SPOLOČNOSŤ  
VÝSKUMNÝ ÚSTAV VODNÉHO HOSPODÁRSTVA  
V BRATISLAVE

Λ

POBOČKA ČSVTS PRI VÝSKUMNOM ÚSTAVE  
VODNÉHO HOSPODÁRSTVA V BRATISLAVE

# HYDROCHÉMIA ' 82



Bratislava 1982

ČSVTS — SLOVENSKÁ VODOHOSPODÁRSKA SPOLOČNOSŤ  
VÝSKUMNÝ ÚSTAV VODNÉHO HOSPODÁRSTVA  
V BRATISLAVE

A

POBOČKA ČSVTS PRI VÝSKUMNOM ÚSTAVE  
VODNÉHO HOSPODÁRSTVA V BRATISLAVE

**NOVÉ ANALYTICKÉ METÓDY V CHÉMII VODY**

**HYDROCHÉMIA '82**



Bratislava 1982

## Příspěvek k osvětlení vzájemné souvislosti alfa-aktivity $^{226}\text{Ra}$ a $\text{U}_{\text{nat}}$

Z. Krejchová — Stav. geologie n. p., Praha

Přírozenou radioaktivitu vod způsobuje především  $^{226}\text{Ra}$ ,  $\text{U}_{\text{nat}}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{232}\text{Th}$  a radioaktivní izotop draslíku  $^{40}\text{K}$  tvořící 0,0119 % přírodního draslíku. Méně se již uplatňují  $^{210}\text{Po}$  a  $^{210}\text{Pb}$  a kosmogenní radioisotopy  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{32}\text{Si}$  ... . Nově do oběhu přistoupily štěpné produkty z termojaderných výbuchů a produkty z průmyslového využití jaderné energie pro energetické účely.

ČSN 830611 pro pitné vody z 21. 4. 1964 jako stanovený ukazatel povolovala obsah  $^{226}\text{Ra}$  max. 3,0 pCi/l, Sr max. 30 pCi/l, s odvoláním na vyhlášku č. 34 Sb. z r. 1963 obsah uranu 0,05 mg/l. Obsah uranu  $\text{U}_{\text{nat}}$  nověji vymezuje nařízení vlády ČSR č. 25, částka 8 z r. 1975 opět max. 0,05 mg/l. V novelizované normě pro pitné vody ČSN 830611 schválené 27. 3. 1974 se jako stanovený ukazatel radioaktivity uvádí celková aktivita alfa max. 3,0 pCi/l / 0,1 Bq/l/ a celková aktivita beta max. 30 pCi/l / 1,1 Bq/l/. Změna této normy "a - 2/1978 z l. 10. 1978 požaduje celkové stanovení aktivity beta pouze u povrchových vod. ČSN 830523 pro radiometrický rozbor pitné vody zahrnuje návod pro stanovení celkové alfa a beta aktivity, ČSN 830533 pro radiologický rozbor povrchové vody obsahuje navíc předpis pro stanovení uranu. Upravené doporučení Světové zdravotnické organi-

zace WHO z r. 1971 v "International Standards for Drinking Water" povoluje celkovou alfa aktivitu max. 3,0 pCi/l /0,1 Bq/l/ a beta aktivitu 30 pCi/l /1,1 Bq/l/. Je-li alfa aktivita vyšší, je vhodné stanovit obsah nejtoxičtějšího radionuklidu  $^{226}\text{Ra}$ . Při nižším obsahu radia než 3,0 pCi/l je další šetření potřeba. Naše norma pro pitné vody tento dodatek přímo nevyslovuje.

Sledování radioaktivity vod má v naší zemi dlouhou tradici. Před I. světovou válkou proměřovali Mache, Mayer obsah radonu ve všech významných tehdejších rakousko-uherských lázních, tedy i u nás. V období mezi oběma válkami se věnovala pozornost dále hlavně radonu. Tato stanovení jsou spjata se jmény Běhounek, Santholzer, Matolín, Majer. Později se průzkum rozšířil na  $^{226}\text{Ra}$  a v poválečném období hlavně na uran. Mnoho práce v tomto oboru se provedlo v čs. uranovém průmyslu i v jiných organizacích. Soustavné sledování úrovně radioaktivity vod dlouhá léta provádí IHE a krajské hygienické stanice, Výzkumný ústav vodohospodářský, Praha /včetně vypracování metodik/ a vodohospodářské laboratoře ... Ve Stavební geologii n.p. podobně jako v jiných institucích se v dřívějších letech provádělo pro radiochemický rozbor vod stanovení  $^{226}\text{Ra}$ , uranu a  $^{222}\text{Rn}$ . Řada úkolů pokračuje či navazuje, je tedy účelné ověřit návaznost nově požadované stanovení celkové alfa aktivity na dřívější určování jednotlivých radionuklidů

#### POUŽITÉ METODIKY

Vzorky vod pro dále uvedené stanovení radia, uranu, alfa aktivity se odebíraly do vymytých polyethylenových lahví a přepravovaly se co nejdříve po odběru do laboratoře, kde se opět co nejdříve z nich rovnou odměřovaly podíly

potřebné pro analýzu. Vody ze vzdálených lokalit či s vyšším obsahem železa bylo vhodnější na místě fixovat kyselinou solnou, případně dusičnou. Vzorky vod pro stanovení radonu se na místě odběru převáděly do upravených Drexlerových promývaček s natavenými kohouty.

#### Stanovení $^{226}\text{Ra}$

Pro stanovení radia se využívala emanometrická metoda, která je specifická pro izotop  $^{226}\text{Ra}$ .

Do práce se bral vesměs 1 litr vody /méně 2-5 l/ mírně okyselené HCl. Vzorek se dále podrobil chemické předúpravě dle Žarova, kde se ke spoluvysrážení radia přidává  $\text{CaCl}_2$  a  $\text{K}_2\text{CO}_3$  a karborafin. Sraženina  $\text{Ca/Ra/CO}_3$  po sedimentaci přes noc, filtraci a promytí se rozpouští zředěnou HCl /1+3/, převádí do probublávačky a satavuje pro kumulaci radonu. Radon vzniklý rozpadem  $^{226}\text{Ra}$  se pak vakuovou metodou převáděl do 2-litrových ionizačních komor a ionizační proud se proměřoval na torsním elektrometru SG-1M /starší sovětské výroby/ s poplatinovaným křemenným vláknem. Etalony řady EV 9 a EV 10 dodané z ÚVVVR pro cejchování elektrometru byly v probublávačkách stejného tvaru a velikosti.

#### Stanovení $^{222}\text{Rn}$

Radon se určoval rovněž emanometricky a to ze dvou současně provedených odběrů. Ze vzorků vod v promývačkách s uzavřenými kohouty se radon opět vakuově převáděl do ionizačních komor a proměřoval elektrometrem SG - 1M.

#### Stanovení $U_{\text{nat}}$

Uran se pro dále tabelované výsledky vesměs určoval metodou luminiscenční, méně metodou kolorimetrickou s arsenazo III. Ve vzorcích vod předávaných k analýze do labo-

ratoře SG se uran pohybuje často v desetitisícinách a tisícinách mg/l. Pro tyto obsahy se využívá luminiscenční metoda propracovaná ve VÚV Praha /Bulletin Metodického střediska vodohosp. labor. č. 22 z r. 1973/. Ve vzorku vody /1 litr nebo jiný alikvot/ po okyselení HCl se uran hydrolyticky vysráží za varu borátovým pufrům. Jako kolektor slouží karborafin. Po stání přes noc, filtraci a promytí se uran digescí s  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a  $\text{K}_2\text{CO}_3$  převede na karbonátový komplex a opět filtruje do teflonových misek. Roztok v miskách se po přidání NaF odpaří, odparek po převedení do Pt misek se protaví při 600 - 650 °C. U vychladlé karbonátofluoridové taveniny se posuzuje fluorescence v ultrafialovém světle. Pro obsahy uranu v desetitisícinách mg/l se dobře osvědčilo vizuální porovnání s kalibračními taveninami, pro vyšší obsahy se uplatnil fluorescenční spektrofotometr, model 2000 od fy. Perkin - Elmer. U vzorků vod s vyšším obsahem železa /také Mn/, které zabarvuje taveninu a tak snižuje fluorescenci uranu, bylo vhodné upravit vzorky před hydrolytickým vysrážováním uranu přidávkou roztoků 10 %ní kyseliny vinné a nasyc. komplexonu /Zpráva SG, VTR 74-14 z r. 1975/. U vod s vyšším obsahem rušících kovů, např. důlních vod, luminiscenčnímu stanovení uranu předcházela úprava roztoku jako pro kolorimetrické stanovení uranu podle ČSN 830533, sorpce na silikagelu. Následovala eluce HCl, zvýšení pH zřed.  $\text{NH}_4\text{OH}$ , případně zpětné překyselení HCl na MO a další postup byl již opět jako u fluorimetrického stanovení. Pro určování obsahů uranu hlavně nad  $10^{-5}$  g/l se používala kolorimetrická metoda, která zahrnuje úpravu roztoku komplexonem, NaCl,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  a kyselinou vinnou, sorpcí na silikagelu /jednu nebo dvojí/ a elucí kyselinou octovou. K eluátu se přidával chelaton III, roztok NaF, kyselina askorbová a arsenazo III.

### Stanovení celkové objemové aktivity alfa

Stanovení záleží ve scintilačním proměření odparku ze vzorku s luminoforem v bezokénkovém uspořádání.

Po stanovení celkové alfa aktivity v podzemních a povrchových vodách se odpařovalo 100 - 250 ml vody /podle hmotnosti odparku/ s přídatkem 3 ml  $\text{HNO}_3$  na 100 ml vody. Po zkoncentrování na malý objem se vzorky převedly zřed.  $\text{HNO}_3$  /1+3/ na skleněné Petriho misky o průměru 5 cm a následovalo opakované odpaření do sucha na el. vařiči překrytém silnější asbestovou deskou. Pak následoval přírdek vodné suspence s 350 mg luminoforu  $\text{ZnS}/\text{Ag}/$  a vysušení v horkovzdušném sterilizátoru při 105 °C. Souběžně se samotným vzorkem se zpracovával též objem s přídatkem zředěného standardního uranového roztoku. Použitý scintilátor  $\text{ZnS}/\text{Ag}/$  byl starší výrobek z Kaznějova s dobrou luminiscencí, ale příliš smáčivý/proto příprava vodné suspence/ a s poměrně dlouhým dosvitem. Proměřování se provádělo laboratorní měřicí soupravou NZQ 727 T s holou scintilační sondou NKQ 321 a světlotěsným měničem vzorků NCR 311 /výrobce Tesla-Přemysleni/. Před každou seríí měření se proměřoval uranový etalon a slepý vzorek připravený odpařením samotné suspence luminoforu. Jako standard sloužil roztok uranu poskytnutý z VÚV. Proměřování každého vzorku se provádělo 3x až 5x po 1000 s. Po skončení sady vzorků se znovu proměřoval slepý vzorek jako pozadí.

### VÝSLEDKY STANOVENÍ CELKOVÉ ALFA-AKTIVITY, $^{226}\text{Ra}$ , $\text{U}_{\text{nat}}$

Výsledky stanovení alfa-aktivity, radia, uranu a případně radonu shrnuté v dále připejených tabulkách 1 - 4 se vztahují k analysám provedeným laboratorii SG. Jde o vzorky vod z vrtů, studní, pramenů, povrchové a další vody odebra-

Tabulka 1

Výsledky stanovení celkové akt. alfa,  $^{226}\text{Ra}$  a  $U_{\text{nat}}$  -  
nízké aktivity alfa

Lokalita	rok odberu	celk. akt. alfa		$\text{Ra}^{226}$		$U_{\text{nat}}$ mg/l
		pCi/l	Bq/l	pCi/l	Bq/l	
Jižní Čechy						
Třeboňská pánev	78	1,3	0,05	1,2	0,04	< 0,0001
- " - "		1,4	0,05	1,3	0,05	< 0,0001
- " - "	81	2,8	0,10	2,6	0,10	< 0,0001
Majdalena	81	1,5	0,06	1,2	0,04	0,0001
- " - "		2,8	0,10	2,1	0,08	0,0001
Třeboňská pánev						
Klečany	81	1,7	0,06	1,5	0,06	0,0001
Zátiší	80	1,5	0,06	1,2	0,04	0,0001
Bochovice	81	< 1	< 0,04	< 1	< 0,04	< 0,0001
Nožice		1,4	0,05	1,1	0,04	< 0,0001
- " - "		1,0	0,04	< 1	< 0,04	< 0,0001
- " - "		1,0	0,04	< 1	< 0,04	< 0,0001
Halánky	81	2,8	0,10	2,4	0,09	0,0001
- " - "		3,0	0,11	2,8	0,10	< 0,0001
Mydlovary - vrty	81	2,1	0,08	1,7	0,06	0,0001
		2,2	0,08	1,7	0,06	0,0001
		2,8	0,10	2,2	0,08	0,0001
		2,9	0,11	2,5	0,09	0,0001
		1,9	0,07	1,1	0,04	0,0001
Temelín - vrty	81	1,0	0,04	< 1	< 0,04	0,0001
		1,4	0,05	< 1	< 0,04	0,0003
		1,1	0,04	1,0	0,04	0,0003
		1,3	0,05	1,1	0,04	0,0002
		1,0	0,04	< 1	< 0,04	0,0001
		1,2	0,04	< 1	< 0,04	0,0001
		< 1	< 0,04	< 1	< 0,04	0,0001
Třebíčsko	82	2,0	0,07	1,7	0,06	0,0001
		2,2	0,08	1,9	0,07	0,0001
Tomkův Mlýn	82	1,2	0,04	1,2	0,04	0,0001



Tabulka 1 /pokračování 1/

Lokalita	rok, odberu	celk. akt. alfa		Ra <sup>226</sup>		U <sub>nat</sub> mg/l
		pCi/l	Bq/l	pCi/l	Bq/l	
Česká křída vodárny	81					
Libíč		1,5	0,06	1,3	0,05	0,0002
Roud. Vrutice		2,7	0,10	1,7	0,06	0,003
Dolánky		1,3	0,05	1,1	0,04	0,0001
Jetřichovice		1,7	0,06	1,5	0,06	< 0,0001
Polesí		< 1	< 0,04	1,0	0,04	< 0,0001
Vysoké Mýto		2,4	0,09	1,6	0,06	0,001
Mokořín		2,1	0,08	1,5	0,06	0,0009
Podlažice		1,3	0,05	< 1	< 0,04	0,0003
Řepín		2,8	0,10	2,0	0,07	0,002
Vlastislav		3,2	0,12	2,2	0,08	0,005
Police		1,6	0,06	1,1	0,04	< 0,0001
Letohrad		1,2	0,04	1,1	0,04	0,0002
Březová		1,5	0,06	1,5	0,06	0,0001
Vrančice		1,3	0,05	1,1	0,04	0,0007
Kravařov		2,8	0,10	2,4	0,09	0,0001
Sosnová		1,6	0,06	1,3	0,05	0,0002
Bezděz		2,6	0,10	1,7	0,06	0,0008
Řepín	82	1,8	0,07	1,2	0,04	0,001
Vrutice		2,1	0,08	1,3	0,05	0,002
Vlastislav		3,4	0,14	2,5	0,09	0,005
vrty SG	82					
cenoman		9,4	0,35	7,5	0,28	0,0001
turon		1,6	0,06	1,1	0,04	0,0001
studny						
Mimoň	81	1,3	0,05	1,1	0,04	< 0,0001
Mimoň	80	1,0	0,04	1,0	0,04	0,0001
Svor		1,5	0,06	1,4	0,05	0,0001
Suchdol		1,5	0,06	1,3	0,05	0,0001
Mukařovice		1,3	0,05	1,0	0,04	0,0006
Lběchovka	81	2,0	0,07	1,4	0,05	0,0001
tok a		2,4	0,09	1,4	0,05	0,001
vrty VZ		1,7	0,06	1,2	0,04	0,001
		2,1	0,08	1,3	0,05	0,0003
		< 1	< 0,04	< 1	< 0,04	0,0007
		2,9	0,11	1,4	0,05	0,0008
		2,4	0,09	1,4	0,05	0,002

Tabulka 1 /pokračování 2/

Lokalita	rok odberu	celk. akt. alfa		Ra <sup>226</sup>		U <sub>nat</sub> mS/l
		pCi/l	Bq/l	pCi/l	Bq/l	
Liběchovka - tok	81					
Liběchov		1,4	0,05	1,0	0,04	0,0008
Želízy		1,0	0,04	< 1	< 0,04	0,0008
Vidim		< 1	< 0,04	< 1	< 0,04	0,0004
prameniště		1,2	0,04	< 1	< 0,04	0,0003
vrty SG u prameniště		1,3	0,05	1,0	0,04	0,0001
		1,1	0,04	1,0	0,04	0,0005
		1,7	0,06	1,1	0,04	0,001
		2,2	0,08	1,3	0,05	0,0003
		1,1	0,04	< 1	< 0,04	0,0004
		1,3	0,05	1,0	0,04	0,0003
Jednorázové odběry lokality rozptýlené						
Směřice	80	2,4	0,09	1,4	0,05	0,0004
Dražetice		1,8	0,07	1,5	0,06	0,0008
- " -		2,0	0,07	1,8	0,07	0,0008
Dukovany - vrty		1,0	0,04	1,0	0,04	0,008
		1,5	0,06	1,3	0,05	0,004
		< 1	< 0,04	< 1	< 0,04	0,0001
Teplárna Tisová		< 1	< 0,04	< 1	< 0,04	0,0002
Ohře		< 1	< 0,04	< 1	< 0,04	0,0002
Ml. Boleslav	81	1,9	0,07	1,4	0,05	
- " -		1,1	0,04	1,0	0,04	
Větrušice	81	1,2	0,04	1,0	0,04	
- " -		1,1	0,04	1,0	0,04	
Berounka-Lipence		1,2	0,04	< 1	< 0,04	
Krkonoše		1,0	0,04	1,0	0,04	0,0002
- " -		1,8	0,07	1,5	0,06	0,0002
Č. Pečky-zám.st.	82	1,1	0,04	< 1	< 0,04	0,001
Č. Pečky-jez.		1,4	0,05	< 1	< 0,04	0,003
Rožmitál		1,0	0,04	< 1	< 0,04	0,0009
Vitice	82	1,7	0,06	1,3	0,05	0,001
Peceraďy		2,2	0,08	1,5	0,06	0,002
Onomyšl	82	1,3	0,05	1,0	0,04	0,0001
- " -		1,2	0,04	1,0	0,04	0,0001
Č. újezd		2,7	0,10	1,5	0,06	0,002
- " -		2,9	0,11	1,6	0,06	0,004

Současné stanovení celk. alfa-aktivity,  
 $^{226}\text{Ra}$ ,  $U_{\text{nat}}$  a  $^{222}\text{Rn}$ 

Tabulka 2

Lokalita	rok, odberu	celk. akt. alfa		$^{226}\text{Ra}$		$U_{\text{nat}}$ ng/l	$^{222}\text{Rn}$	
		pCi/l	Bq/l	pCi/l	Bq/l		pCi/l	Bq/l
Libverda	82	1,1	0,04	< 1,0	< 0,04	0,0001	113	4,2
Sušetice	80	38,8-40,4	1,46	2,9	0,11	0,08	6500	240,5
Vrančice	81	1,2-1,4	0,05	1,1	0,04	0,0007	190	7,0
Třebušín	78	3,1	0,11	2,9	0,11	0,0001	1270	47,0
Těhlovice	81	1,6	0,06	1,1	0,04	0,0001	103	3,8
Dvůr Králové vrty	78	< 1	< 0,04	< 1	< 0,04	0,0004	1600	59,2
- " -		1,8	0,07	1,0	0,04	0,0002	1900	70,3
- " -		1,6	0,06	1,8	0,07	0,0005	1860	68,8
- " -		1,0	0,04	1,2	0,04	0,0005	930	34,4
- " -		3,7	0,14	1,6	0,06	0,004	1210	44,8
Pěčín nad Zdobnicí	81	1,0	0,04	< 1	< 0,04	0,0001	-	-
prameny a štolý		2,3	0,08	1,4	0,05	0,0005	15354	568,1
		št. 1,5	0,05	1,1	0,04	0,0006	10507	388,8
		št. 4,3	0,16	1,7	0,07	0,005	6177	288,6
		2,5	0,09	1,5	0,06	0,0001	598	22,1
		št. 29,0	1,07	2,4	0,09	0,020	9775	361,7
		1,2	0,04	1,0	0,04	0,0001	87	3,2
		1,0	0,03	< 1	< 0,04	0,0001	-	-
		2,3	0,08	1,9	0,07	0,0001	95	3,5
		2,9	0,1	1,4	0,05	0,004	86	3,2
		1,7	0,06	1,3	0,05	0,0002	-	-
		1,9	0,07	1,2	0,04	0,001	-	-
		1,5	0,06	1,1	0,04	0,0001	-	-
		št. 2,8	0,10	1,7	0,06	0,001	106	3,9
		2,2	0,08	1,5	0,05	0,0001	-	-
		2,1	0,08	1,4	0,05	0,0003	-	-
		2,7	0,10	1,8	0,07	0,0001	38	1,4
		2,5	0,09	1,3	0,04	0,0004	23,2	0,9

Tabulka 3

Stanovení celk. aktivity alfa,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $U_{\text{nat}}$  - vyšší aktivity

Lokalita	rok odberu	celk. akt. alfa		$\text{Ra}^{226}$		$U_{\text{nat}}$ mg/l	součet $\text{Ra}+U$ pCi/l	
		pCi/l	Bq/l	pCi/l	Bq/l			
Ořechov	81	5,4	0,20	1,8	0,07	0,006	5,9	
Pěčín-štolá	81	29,1	1,08	2,4	0,09	0,02	16,0 -	
Bylsny	82	17,6-16,2	0,63	6,2	0,23	0,008	19,0	
Hospozín	82	43,0-45,5	1,64	2,9	0,11	0,02	16,5 -	
Sušetice	80	38,8-40,4	1,47	2,9	0,11	0,08	57,3 +	
Kamýk - vrty	80	17,4	0,64	5,1	0,19	0,016	16,0	
		21,3	0,79	5,0	0,19	0,014	14,5 -	
		7,0	0,26	2,7	0,10	0,010	9,5	
V. projekt. vrty	79	12,5-10,6	0,43	orientačně		0,014	14,5 max.	
		33,0-39,0	1,33	< 5	< 0,19	0,04	32,2 max.	
		39,5-40,5	1,48	"	"	0,02	18,6 max.	
		29,6-23,8	0,99	"	"	0,012	13,2 max.	
Horoměřice vrty SG	78	21,0	0,78	3,8	0,14	-		
		15,2	0,56	3,2	0,12	-		
		20,8	0,77	4,6	0,17	-		
Křída cen.	82	9,4	0,35	7,5	0,27	0,0001	7,6	
Kladensko V. sur.voda I. sur.voda III sur.přítok úpravy vody	81	33,5	1,24	7,5-7,7	0,28	0,012	15,8 -	
		33,0	1,22	26,1	0,97	0,004	28,8 -	
		71,3-80,4	2,81	9,9-9,5	0,35	0,05	43,7 -	
		26,3	0,97	20,0	0,74	0,008	25,4	
		11,3	0,42	7,8	0,29	0,008	13,2	
		15,5	0,57	15,4	0,57	0,008	20,9 +	
		8,1	0,30	5,4	0,20	0,008	13,5 +	
		13,7-12,9	0,54	5,0	0,19	0,008	19,4	
		IX.81						
		sur.voda I		27,1	1,0	9,0	0,33	0,008
sur.voda II		24,8	0,92	24,4	0,90	0,0016	25,5	
úpravy vody		25,5	0,94	21,5	0,80	0,0016	22,6	
		19,9	0,74	15,2	0,56	0,004	17,9	
		24,6	0,91	19,3	0,71	0,004	22,0	
		15,1	0,56	13,8	0,51	0,0016	14,9	
		20,1	0,74	11,9	0,44	0,008	17,3	

né pro vlastní hydrogeologický průzkum SG a vzorky dodané k analýze jinými organizacemi.

U většiny vzorků podzemních a povrchových vod, kde se požadovalo stanovení celkové alfa-aktivity, byla naměřená hodnota pod 0,1 Bq/l. Mírně vyšší hodnoty alfa-aktivity byly nalezeny u vod např. z odběrů u Vyžlovky /v tabulkách neuvedeny/, ale dodatečně provedené stanovení  $^{226}\text{Ra}$ , tedy nejtoxičtějšího radioizotopu, vykazalo hodnotu pod 0,1 Bq/l. Obdobně tomu bylo i u některých dalších vzorků podle tabulky 1 až 3 /např. Vlastislav, Hospozín, Kamýk/. Zde se dá zvýšení alfa-aktivity přičíst působení uranu.

Vyhláškou č. 25 z r. 1975 povolený obsah uranu v množství 0,05 mg/l sám představuje v přírodním poměru izotopů uranu 1,26 Bq/l, t.j. hodnotu značně překračující stanovenou mez pro celkovou alfa aktivitu 0,1 Bq/l.

Výsledky v tabulkách 1 - 4 jsou uvedeny v jednotkách Bq/l i v jednotkách pCi/l, které jsou u nízkých hodnot názorné. Tabulka 1 shrnuje výsledky radiologického rozboru vod, kde byla nalezena nízká celková alfa-aktivita. Souběžná stanovení  $^{226}\text{Ra}$  vykazují, jak se ostatně předpokládá, vesměs nižší obsahy než celková alfa aktivita. Převýšení výsledku stanovení obsahu Ra nad alfa-aktivitou může zde spadat mezi chyby při stanovení.

Při použitých metodikách se chyby při stanovení  $^{226}\text{Ra}$  pohybují u vyšších obsahů do 10 %, u obsahů do 0,1 Bq/l /zpracovávali se 1 litr vzorku/ do 25 %. U luminiscenčního stanovení uranu uvádí již citovaný Bulletin vodohosp. lab. č. 22 chybu 30 %. Při souběžném stanovení alfa-aktivity z téhož vzorku z různých odparů je lepší shoda výsledků u neznečištěných vod s desetinnými a jednotkami Bq/l než u setin Bq/l. Uváděná stanovení jsou tedy zatížena různými chybami. U nízkých aktivit mohou tyto chyby překrývat po-

Tabulka 4

Stanovení celk. aktivity alfa,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $U_{\text{nat}}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  v termálních, minerálních a důlních vodách

Lokalita	rok odběru	celk. akt. alfa		$\text{Ra}^{226}$		$U_{\text{nat}}$ mg/l	$^{222}\text{Rn}$		Součet $\text{Ra}+U$ pCi/l
		pCi/l	Bq/l	pCi/l	Bq/l		pCi/l	Bq/l	
Jánské Lázně	80-81								
Janův pramen		< 1-1,1	0,04	< 1-1	0,04	0,0001	45	1,7	
Černý pramen		< 1-1,1	0,04	< 1-1	0,04	0,0001	52	1,9	
Starostův pramen		1,0	0,04	1,0	0,04	0,0001	280	10,4	
pitná voda		1,1	0,04	1,0	0,04	0,0001	2000	74,0	
Děčín	79								
term. vrt SG		< 1-1,1	0,04	< 1-1	0,04	0,0001	40	1,5	
Karlovy Vary	78								
Šaňový		10,8	0,40	24,9	0,92	0,002	1230	45,6	12,2 +
Svoboda		24,4	0,90	40,5	1,50	0,0018	1790	66,2	25,6 +
Skalní		21,9	0,81	33,9	1,25	0,0014	3400	126,5	22,9 +
Kladensko	81								
prací voda		57,3-59,3	2,16	317-327	11,91	0,02	-		335,6 +
úděl Stachanov	80	17,3	0,64	2,3	0,08	0,008	-		7,7 -
UP-záp.Čechy	80	75,7	2,80	93,8	3,47	-	3530	130,6	+
UP-záp.Čechy		119,0	4,40	164,4	6,08	-	3970	146,9	+

Tabulka 4 - pokračování

Jáchymov										
Svornost	75-79	-	-	220-260	8,88	0,05	250000	9250		
Běhounek							až 310000	11470		
C - 1		-	-	50-70	2,22	0,04	135000	4995		
Curie		-	-	40-70	2,04	0,05	až 180000	6640		
							220000	8140		
Běhounek	XI.81	255,6	9,46	229,3	8,48	0,05	až 280000	10360		
C - 1		84,2	3,13	76,6	2,83	0,04	216000	7992	263,3	
Curie		74,8	2,77	67,2	2,48	0,04	229000	10693	103,8 +	
Teplice		11,1	0,41	4,0	0,15	0,008	85000	3145	99,4 +	
							2050	75,9	9,4	
Stachanov-Celestyn	80	17,6	0,65	2,5	0,09	0,02	-	-	16,1	

díly v celkové aktivitě způsobené jednotlivými alfa zářiči.

V normách ČSN 830523 a ČSN 830533 se v I. názvosloví říká, že zjišťovaná hodnota celkové objemové aktivity alfa postihuje alfa-aktivní nuklidy různou měrou, některé nepostihuje vůbec. V návrhu normy ČSN 830523 se praví, že zjištěná hodnota postihuje zejména radium 226, polonium 210 a uran. Uváží-li se, že Th, Po a Pb se v našich vodách pohybuje spíše v množstvích o řád nižších než radium, vychází, že hlavní podíl přispívající k celkové alfa-aktivitě tvoří radium a uran. Náznornější obraz o tomto vztahu v přírodních vodách podává tabulka 2 a část tabulky 3, kde jsou shrnuty analýzy vzorků vod s vyššími aktivitami.

Tabulka 2 poslední sloupec uvádí "součet" Ra + U, kde obsah Ra je přepočten podle vztahu, že aktivita

$$1 \text{ g Ra} = 1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

a obsah U odpovídá aktivitě

$$0,5 \text{ mg U} = 12,6 \text{ Bq}$$

Výrok v názvosloví citovaných norem napovídá, že zjištěná hodnota alfa-aktivity není součtem aktivit jednotlivých zářičů. Podle výsledků v tabulce 3 a 4 se takový "součet" obsahů Ra + U blíží u některých vzorků celkové aktivitě. U jiných vzorků jsou význačné záporné i kladné odchylky sumy Ra + U od celkové aktivity. Obsah Ra + U v tabulce 4 u vzorků z Karlových Var značně převyšuje alfa-aktivitu naměřenou u odparků z 50 ml. U výchozích objemů těchto vzorků 25 ml a 10 ml se po přepočtu naměřila sice vyšší aktivita, avšak zatížená značnou chybou. Stanovení alfa-aktivity u vod s vysokým obsahem solí /tedy např. u minerálek s vy-



sokou mineralizací/ mělo při opakovaném stanovení z několika odparků velký rozptyl. Ostatně na rušivý vliv neradioaktivních příměsí upozorňuje např. návrh k ČSN 830523.

Vyšší obsahy radia než scintilačně naměřená alfa-aktivita /v tabulce 4/ byly nalezeny u vod z uranového průmyslu ač tyto vody nejevily přílišné znečištění. Výrazně vyšší obsah  $^{226}\text{Ra}$  v porovnání s alfa-aktivitou byl nalezen pro prací vodu z Kladenska /tab. 4/. Tento vzorek měl kyselou reakci a vysoký obsah železa /odparek bylo možno scintilačně proměřovat v bezokénkovém uspořádání až po větším přídavku  $\text{ZnS}/\text{Ag}/$ . Impulsy na měření pro odparek ze 100 ml tohoto vzorku byly 213 za 1000 s. Impulsy pro odparek ze 100 ml vzorku + 1 ml etalonového roztoku s 0,094 g U byly jen 351 za 1000 s, ač samotný 1 ml etalonového roztoku poskytl 2179 imp za 1000 s. K dalším 100 ml tohoto vzorku kromě  $\text{HNO}_3$  byl přidán pro vázání Fe 1 ml  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Po odpaření  $\text{HNO}_3$  byl přebytek  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ne dosti citlivě neutralizován NaOH, takže se vytvořila silnější krusta. Zde se přesto naměřilo 455 imp za 1000 s.

Nižší "součet" Ra + U než naměřená alfa-aktivita byl nalezen u několika vzorků v tabulce 3, případně i v tabulce 1, či 2. Vzorek z akce Pěčín s naměřenou alfa-aktivitou přes 1 Bq/l a s obsahem Ra do 0,1 Bq/l obsahoval vedle poměrně vysokého množství uranu také větší množství radonu. Radon se při úpravě vzorku pro určení alfa-aktivity sice odstraní, ale naměřenou hodnotu alfa-aktivity přesto mohou ovlivňovat alfa-zářiče vzniklé rozpadem radonu, byť i ze vzorku dávno vyvětralého. U dalších vzorků z akce Pěčín /tab. 2/ s obdobně vysokým obsahem radonu již není celková alfa-aktivita příliš vyšší v porovnání s obsahem radia a uranu.

Značně vysoký obsah radonu mívají vody z pramenů na

dole Svornost v Jáchymově /tab. 4/. Voda z pramene Běhounek v dřívějších letech v SG několikrát analyzovaná na obsah radia a uranu /kontrolně shodně analyzovaná i jinými organizacemi/, má obsah uranu kolem 0,05 mg/l, obsah  $^{226}\text{Ra}$  220 - 260 pCi/l a obsah Rn až kolem 300000 pCi/l /11100 Bq/l/. Vzorek vody z loňského odběru s poněkud nižším obsahem Rn 8000 Bq/l, vykazoval pro 100 ml odparek připravený krátce po odběru při proměření alfa-aktivity 820 imp za 1000 s. Současně stejně připravený odparek ze vzorku z pramene Běhounek odebraného před 6 lety a přechovávaného v uzavřeném kanistru /tehdejší analýza z čerstvě odebraného vzorku Ra - 230 pCi/l, U - 0,05 mg/l vykázal však 1250 imp za 1000 s.

Terče připravené pro určení alfa-aktivity ze vzorků ze Svornosti, ze vzorku z Teplic a z kladenské prací vody /tab. 4/ se proměřovaly jednak za 2 hod. po přidání scintilátoru a dále znovu v několikadenních intervalech. U vzorků ze Svornosti, jak ukazuje obr. 2, počet impulsů měřený za týchž podmínek s časem vzrůstal vlivem působení aktivity produktů radia.

#### PROMĚŘOVÁNÍ AKTIVITY ETALONU $^{226}\text{Ra}$ A URANU

Výsledky proměření scintilace terčů připravených ze samotných etalonových roztoků  $^{226}\text{Ra}$  a uranu shrnuje tab.5 a obr. 1. Všechny terče se proměřovaly za stejných podmínek - napětí zdroje VN 1200 V, týž scintilátor, sonda ....

Jako radiový standard sloužil roztok  $\text{RaBr}_2$  dodaný z ÚVVVR řady EB 95. Po naředění roztokem EB 00 pak 1 ml odpovídá  $2,33 \cdot 10^{-11}$  g  $^{226}\text{Ra}$ . Jako uranový standard se použil roztok poskytnutý z VÚV naředěný na koncentraci 0,094 mg U v 1 ml. Terče se scintilátorem z takto upravených standar-

dů poskytly srovnatelné odesvy. Scintilace terčů připravených pipetováním roztoků uranu jsou prakticky stejné /pokud nedojde k mechanickému porušení proměřované vrstvičky či k poruchám měřicí aparatury/ po celý rok i déle.

Aktivita při proměřování terčů připravených z roztoků  $^{226}\text{Ra}$  se stářím preparátů exponenciálně stoupá až do dosažení ustáleného stavu /tab. 5 - starší terče na kovových miskách/.

Účinnost měření aktivity uranu z etalonových roztoků je tedy stálá a poměrně vysoká 92 - 93 %. Účinnost měření aktivity radia za týchž podmínek za 1 - 2 h. po přidání  $\text{ZnS /Ag/}$  se pohybovala kolem 60 %. Při proměřování  $\text{Ra}$ -terču po delší době od přidání scintilátoru hodnota naměření aktivity stoupala vlivem tvorby rospadových produktů radia.

#### SOUHRN

Celková objemová aktivita slouží jako ukazatel možného obsahu radioaktivních látek v pitné či povrchové vodě a jako podklad k rozhodnutí o potřebě stanovení skutečné objemové aktivity radionuklidů ve vodě. Tolik nové normy ČSN 830523 a 830533. Je to ukazatel, který také odpovídá doporučení WHO.

Předběžná práce s výsledky analýz vzorků dodaných do SG ukazuje, že stanovení celkové alfa-aktivity často postačí pro posouzení "pitnosti" vod. U řady vzorků s aktivitou kolem  $0,1 \text{ Bq/l}$  a vyšší se ukázala potřeba rozšířit stanovení o určení  $^{226}\text{Ra}$  a  $U_{\text{nat}}$  a případně dalších alfa-zářičů. Zkoušky s etalonovými roztoky a ostatně i výsledky analýz vzorků vod ukázaly, že se na celkové alfa-aktivitě uran podílí větší měrou než radium. Ovlivnění hodnoty alfa-aktivity přítomným radonem se nezdá pro malý počet uvedených skou-

## Aktivita etalonových roztoků radia a uranu

Proměrování etalonů radia - měřeno v r. 78-79; kovové misky				
Objem etalonu I exp.	1 ml	2 ml	3 ml	4 ml
	imp./ 400 sec			
stáří - 1 hod.	206	-	-	-
1 den	260	506	780	1020
2 dny	346	676	1030	1340
5 dní	461	951	1470	1850
8 dní	546	1152	1664	2308
21 dní	619	1352	1918	2470
0,5 roku	644	1370	1992	2568
Proměrování etalonů radia - měřeno v r. 82, kovové misky				
Objem etalonu	1 ml	2 ml	3 ml	4 ml
	imp/400 sec			
stáří - 1,5 hod.	226	509	761	959
1 den	348	585	875	1173
5 dní	459	901	1376	1690
15 dní	-	1107	1768	2208
Proměrování etalonů radia - měřeno v r. 82, skleněné misky				
Objem etalonu	1 ml	2 ml	3 ml	4 ml
	imp/400 sec			
I teor	344	688	1036	1376
I exp	imp/400 sec			
stáří - 1,5 hod.	222	430	618	846
25 hod.	302	555	807	1072
50 hod.	349	679	977	1307
147 hod.	501	989	1453	1928
8 dní	-	1036	1543	2058
10 dní	568	1106	1637	2169

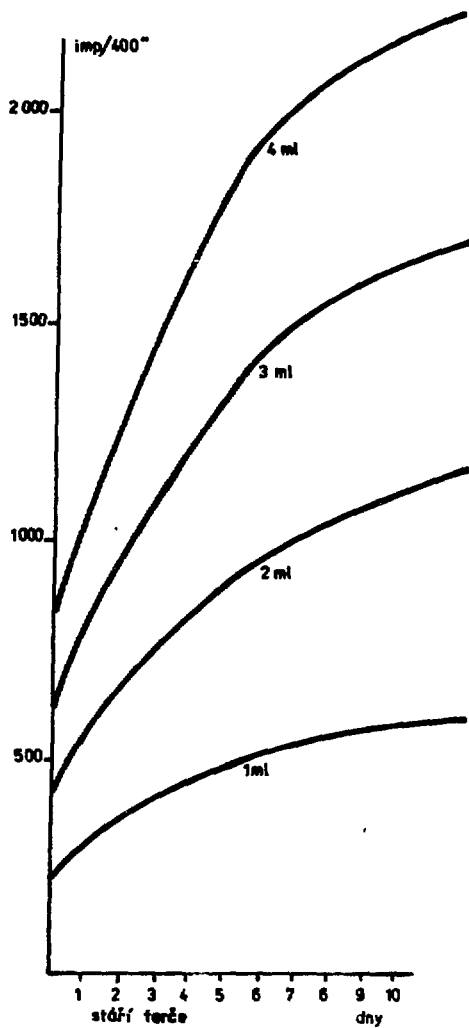
Tabulka 5 - pokračování

Účinnost proměřování radia					
/podle odparků na skleněných miskách/ F = I teor/I exp.					
účinnost					
F 1,5 hod.	0,64	0,63	0,60	0,61	
F 25 hod.	0,87	0,81	0,78	0,78	
F 50 hod.	1,01	0,99	0,94	0,95	
F 147 hod.	1,46	1,43	1,40	1,40	
F 10 dní	1,65	1,61	1,59	1,58	
Proměřování roztoků uranu - měřeno v r. 82, skleněné misky					
Objem roztoku	1 ml	2 ml	3 ml	4 ml	5 ml
I exp	imp/400 sec				
	882	1761	2646	3506	4404
I exp	imp/1000 sec				
	2185	4414	6558	8788	11000
účinnost F	0,92	0,93	0,92	0,93	0,93

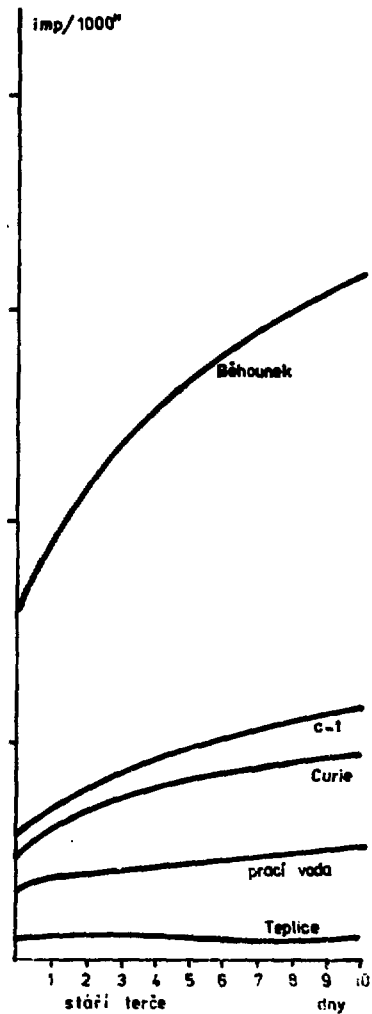
Proměřované roztoky: roztoky Ra Br<sub>2</sub> - 1 ml = 2,33.10<sup>-11</sup> gRa,  
t.j. 0,86 Bq

roztoky uranu - 1 ml = 0,094mgU, t.j. 2,37 Bq

Podmínky při měření: 1200 V, stáří preparátu uvažováno od přidání  
luminoforu k odparku



Obr. 1  
Nárůst aktivity terčů z radiových  
etalonů  
1 ml =  $2,33 \cdot 10^{-11}$  g  $^{226}\text{Ra}$



Obr. 2  
Nárůst aktivity terčů  
ze vzorků vod

šek za zcela prokázané - při vyšších obsazích radonu je však pravděpodobné /přítomnost dceřinného produktu rozpadu radonu  $^{210}\text{Po}$ /.

Stanovení celkové alfa-aktivity, jak se praví v návrhu normy 830523, je orientační a uzanční. Na příkladech stanovení aktivity vzorků s vyšším obsahem radia je pro dobrou reprodukovatelnost výsledků nutné proměrování v době stanovené návodem - při odložení měření se získají hodnoty vyšší. Stanovení alfa-aktivity ruší nečistoty způsobující kovů, vysoká mineralizace. Pitné vody a mnohé povrchové vody takové rušivé složky vesměs neobsahují - celková objemová aktivita alfa je zde tedy výhodným ukazatelem úrovně radioaktivity vod.

Vzájemné působení přirozených radionuklidů na výsledek stanovení celkové aktivity bude zřejmě u příbuzných vzorků z jednotlivých lokalit případně i celých oblastí obdobné. Bylo by proto výhodné data získaná různými institucemi shromáždit.

#### LITERATURA

- [ 1 ] MAJER, V.: Radiometrické rozborý Praha 1949
- [ 2 ] Bulletin metod. střediska Vodohosp. laboratoří č. 22 1973
- [ 3 ] BEK, F., KREJBICHOVÁ, Z. a kol., Zpráva VTR 7414, 1975
- [ 4 ] Normy: ČSN 830611, ČSN 830523, ČSN 830533
- [ 5 ] International Standards for Drinking Water - III. vydání WHO Ženeva 1971

**SUMMARY**

A survey of results on simultaneous measurement of gross alpha activity and natural radionuclides  $^{226}\text{Ra}$ ,  $\text{U}_{\text{nat}}$  and  $^{222}\text{Rn}$  in various water sources is given. The results are discussed.

Ing. ZDENA KREJBICOVÁ  
Stavební geologie n.p. Praha



# 2 Posouzení rušivých vlivů při stanovení Radonu-222 ve vodách scintilačními a iontometrickými metodami

E. Hanslík, A. Mansfeld — VÚV, Praha

Radon-222, člen přeměnové řady uranu, má z plyných členů přirozených radioaktivních řad největší praktický význam. Aktivita  $^{222}\text{Rn}$  ve svrchní vrstvě zemské kůry o tloušťce 1,6 km činí  $7,03 \cdot 10^{34}$  Bq. S obsahem  $^{222}\text{Rn}$  v zemské kůře souvisí i jeho obsah v podzemních vodách, ve kterých se rozpouští.

Zájem o zjišťování obsahu  $^{222}\text{Rn}$  ve vzorcích vody případně vzduchu je působen zejména rizikem z příjmu  $^{222}\text{Rn}$  při požívání vod a při vdechování po uvolnění do ovzduší.

K měření obsahu  $^{222}\text{Rn}$  se v současné době vzhledem k dosažitelné přístrojové technice užívají hlavně scintilační metody založené na schopnosti určitých látek, zvaných souborně scintilátory, emitovat v podobě záblesku viditelného světla část energie, která jim byla sdělena při zabrždění přímo ionizující částice. Scintilační látkou, sulfidem zinečnatým aktivovaným stříbrem, jsou pokryty měřicí komory, záblesky jsou snímány fotonásobičem a převáděny na impulsy. Další možnost představují iontometrické metody založené na vzniku iontů v plynové náplni tzv. ionizačních komor, s detekcí pomocí citlivého elektrometru.

Společným prvkem všech používaných postupů je převádění  $^{222}\text{Rn}$  ze vzorku vody do měřicí komory. Nejběžnější způ-

soby jsou evakuovány komory a její spojení s vnějším ovzduším přes promývačku naplněnou vzorkem. Metoda cirkulační je preferována v případě, že objem komory je malý vzhledem k objemu vzorku. Cirkulace vzduchu pomocí balonku, pumpy se provádí tak dlouho, až se dosáhne rovnováhy mezi kapalným vzorkem a plynou fází v komoře a ostatních částech aparatury.

Rušivě při stanovení  $^{222}\text{Rn}$  uvedenými postupy mohou působit zbývající radioizotopy radonu,  $^{219}\text{Rn}$  a  $^{220}\text{Rn}$  zástupci přeměnových řad aktinia a thoria. Jejich význam je uváděn zejména v souvislosti se zvýšeným obsahem radioaktivních látek v horninách, u vod kontaminovaných průmyslovými odpady z těžby a zpracování uranových rud [1]. Tento případ je pro naše podmínky s ohledem na známé geologické charakteristiky podloží typický. Cílem našeho příspěvku je proto kvantitativně vyjádřit možný rušivý vliv uvedených izotopů radonu jednak na základě teoretického řešení rovnic popisujících kinetiku radioaktivních přeměn, jednak porovnáním nárůstu alfa aktivity vzorku s nárůstem aktivity emanace s etalonu  $^{222}\text{Rn}$  podle experimentálně zjištěných dat, případně s teoreticky vypočteným nárůstem aktivity  $^{222}\text{Rn}$  a jeho rozpadových produktů [2, 3].

#### KVANTITATIVNÍ VYJÁDRĚNÍ RUŠIVÉHO VLIVU $^{219}\text{Rn}$ a $^{220}\text{Rn}$ PŘI STANOVENÍ $^{222}\text{Rn}$

Řešení soustavy rovnic popisujících kinetiku radioaktivních přeměn radioizotopů radonu v radioaktivních řadách

Hodnocení vychází z řešení obecných teoretických vztahů uvedených v literatuře [4], které byly aplikovány pro konkrétní případ radonové emanace  $^{219}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$  a  $^{222}\text{Rn}$ . V uvedených vztazích jsou z hlediska dosazovaných veličin

významné rozpadové konstanty  $\lambda$ , které souvisí s hodnotami poločasu rozpadu  $T_{1/2}$  vztahem:

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2} \quad /1/$$

Pro výpočet byly použity hodnoty poločasů rozpadu publikované GUSEVEM a DMITRIJEVEM [5]. Časový průběh alfa aktivity produktů přeměny  $^{222}\text{Rn}$  zahrnuje podle schématu rozpadové řady uranu v krátkodobém depozitu  $^{218}\text{Po}$  a  $^{214}\text{Po}$ . Vliv dlouhodobého depozitu s ohledem na vyšetřovaný časový úsek při stanovení  $^{222}\text{Rn}$  v reálných vzorcích a poločasy přeměny je zanedbán stejně jako vliv větvení řady s ohledem na uváděné výtěžky 0,02 %. Pro radionuklidy byly zvoleny číselné symboly odpovídající jejich pořadovému číslu ve schématu rozpadové řady počínaje  $^{226}\text{Ra}$  odpovídá 1,  $^{222}\text{Rn}$  2,  $^{218}\text{Po}$  3,  $^{214}\text{Po}$  6. Za předpokladu, že v čase  $t = 0$  je aktivita  $^{222}\text{Rn} = 1$  a aktivity  $^{218}\text{Po} = ^{214}\text{Po} = 0$  vyplývá z řešení obecných vztahů:

$$\lambda_{222\text{Rn}} = \lambda_0 \lambda_{222\text{Rn}} e^{-\lambda_2 t} \quad /2/$$

$$/3/ \quad \lambda_{218\text{Po}} = \lambda_0 \lambda_{222\text{Rn}} \lambda_3 \left[ \frac{e^{-\lambda_2 t}}{\lambda_3 - \lambda_2} + \frac{e^{-\lambda_3 t}}{\lambda_2 - \lambda_3} \right]$$

$$/4/ \quad \lambda_{213\text{Po}} = \lambda_0 \lambda_{222\text{Rn}} \lambda_3 \lambda_4 \lambda_5 \lambda_6 \left[ \frac{e^{-\lambda_2 t}}{(\lambda_3 - \lambda_2)(\lambda_4 - \lambda_2)(\lambda_5 - \lambda_2)(\lambda_6 - \lambda_2)} + \frac{e^{-\lambda_3 t}}{(\lambda_2 - \lambda_3)(\lambda_4 - \lambda_3)(\lambda_5 - \lambda_3)(\lambda_6 - \lambda_3)} + \frac{e^{-\lambda_4 t}}{(\lambda_2 - \lambda_4)(\lambda_3 - \lambda_4)(\lambda_5 - \lambda_4)(\lambda_6 - \lambda_4)} + \right]$$

$$\left. + \frac{e^{-\lambda_5 t}}{(\lambda_2 - \lambda_5)(\lambda_3 - \lambda_5)(\lambda_4 - \lambda_5)(\lambda_6 - \lambda_5)} + \frac{e^{-\lambda_6 t}}{(\lambda_2 - \lambda_6)(\lambda_3 - \lambda_6)(\lambda_4 - \lambda_6)(\lambda_5 - \lambda_6)} \right]$$

Hodnoty  $\lambda_1$  až  $\lambda_6$  byly vypočteny z hodnot poločasů rozpadu:  $^{226}\text{Ra}$  1600 r,  $^{222}\text{Rn}$  3,8235 d,  $^{218}\text{Po}$  3,05 min,  $^{214}\text{Pb}$  26,8 min,  $^{214}\text{Bi}$  19,9 min,  $^{214}\text{Po}$   $1,643 \cdot 10^{-4}$  s.

Výsledky výpočtu časového průběhu aktivity alfa  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{218}\text{Po}$  a  $^{214}\text{Po}$  a celkové aktivity uvedených radionuklidů jsou uvedeny v tab. 1 pro časový interval 0 - 300 min dělený po 5ti minutách a znázorněny na obr. 1.

Obdobný postup byl volen i při výpočtu časového průběhu alfa aktivity  $^{220}\text{Rn}$  a jeho produktů přeměny. Při použití schématu rozpadové řady thoriové byla použita pořadová čísla pro jednotlivé členy řady 1 - 6 jako prve s tím rozdílem, že symboly přeměnových konstant  $\lambda$  byly označeny " $\lambda'$ " na rozdíl od řady uranové. Při použití výchozí podmínky aktivity  $^{220}\text{Rn} = 1$ ,  $^{216}\text{Po} = ^{212}\text{Bi} = ^{212}\text{Po} = 0$  v čase  $t = 0$ , jsou rovnice pro výpočet časového průběhu alfa aktivity uvedených radionuklidů následující:

$$A_{^{220}\text{Rn}} = A_0 \ ^{220}\text{Rn} \ e^{-\lambda'_2 t} \quad |5|$$

$$A_{^{216}\text{Po}} = A_0 \ ^{220}\text{Rn} \ \lambda'_3 \left[ \frac{e^{-\lambda'_2 t}}{\lambda'_3 - \lambda'_2} + \frac{e^{-\lambda'_3 t}}{\lambda'_2 - \lambda'_3} \right] \quad |6|$$

$$A_{^{212}\text{Bi}} = 0,3593 A_0 \ ^{220}\text{Rn} \ \lambda'_3 \ \lambda'_4 \ \lambda'_5 \left[ \frac{e^{-\lambda'_2 t}}{(\lambda'_3 - \lambda'_2)(\lambda'_4 - \lambda'_2)(\lambda'_5 - \lambda'_2)} + \frac{e^{-\lambda'_4 t}}{(\lambda'_2 - \lambda'_4)(\lambda'_3 - \lambda'_4)(\lambda'_5 - \lambda'_4)} + \right]$$

$$+ \frac{e^{-\lambda'_5 t}}{(\lambda'_2 - \lambda'_5)(\lambda'_3 - \lambda'_5)(\lambda'_4 - \lambda'_5)} + \frac{e^{-\lambda'_3 t}}{(\lambda'_2 - \lambda'_3)(\lambda'_4 - \lambda'_3)(\lambda'_5 - \lambda'_3)} \quad (17)$$

$$A_{212\text{Po}} = 0,6407 A_0 \quad {}^{220}\text{Rn} \quad \lambda'_3 \quad \lambda'_4 \quad \lambda'_5 \quad \lambda'_6 .$$

$$\left[ \frac{e^{-\lambda'_2 t}}{(\lambda'_3 - \lambda'_2)(\lambda'_4 - \lambda'_2)(\lambda'_5 - \lambda'_2)(\lambda'_6 - \lambda'_2)} + \frac{e^{-\lambda'_3 t}}{(\lambda'_2 - \lambda'_3)(\lambda'_4 - \lambda'_3)(\lambda'_5 - \lambda'_3)(\lambda'_6 - \lambda'_3)} + \frac{e^{-\lambda'_4 t}}{(\lambda'_2 - \lambda'_4)(\lambda'_3 - \lambda'_4)(\lambda'_5 - \lambda'_4)(\lambda'_6 - \lambda'_4)} + \frac{e^{-\lambda'_5 t}}{(\lambda'_2 - \lambda'_5)(\lambda'_3 - \lambda'_5)(\lambda'_4 - \lambda'_5)(\lambda'_6 - \lambda'_5)} + \frac{e^{-\lambda'_6 t}}{(\lambda'_2 - \lambda'_6)(\lambda'_3 - \lambda'_6)(\lambda'_4 - \lambda'_6)(\lambda'_5 - \lambda'_6)} \right] \quad (18)$$

Hodnoty  $\lambda_1$  až  $\lambda_6$  byly vypočteny z hodnot poločasů rozpadu:  ${}^{224}\text{Ra}$  3,665 d,  ${}^{220}\text{Rn}$  55,6 s,  ${}^{216}\text{Po}$  0,15 s,  ${}^{212}\text{Pb}$  10,64 h,  ${}^{212}\text{Bi}$  60,55 min,  ${}^{212}\text{Po}$   $3,05 \cdot 10^{-7}$  s.

Výsledky výpočtu časového průběhu alfa aktivity  ${}^{220}\text{Rn}$ ,  ${}^{216}\text{Po}$ ,  ${}^{212}\text{Bi}$ ,  ${}^{214}\text{Po}$  a celkové aktivity uvedených radionuklidů jsou v tab. 2 pro časový interval 0 - 120 min dělený po 5ti minutách.

S ohledem na úbytek aktivity jednotlivých komponent a tím i celkové alfa aktivity jsou výsledky na obr. 2 uvedeny jen pro časový úsek 0 - 10 min.

Metodicky shodně byl řešen i případ  ${}^{219}\text{Rn}$  jehož poločas rozpadu je více než o 1 řád kratší než poločas rozpadu  ${}^{220}\text{Rn}$ . Při použití schematu řady aktiniové byla použita pořadová čísla 1 - 5 s tím, že symboly přeměnových konstant

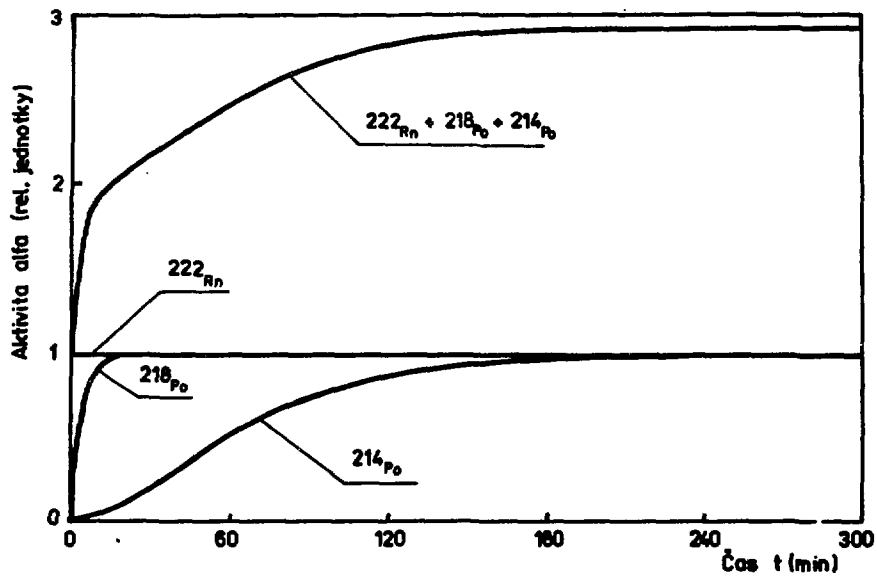
Tabulka 1

Alfa aktivita  $^{222}\text{Rn}$  a jeho rozpadových produktů

čas /min/	A K T I V I T A /rel. j. /			
	$^{222}\text{Rn}$	$^{218}\text{Po}$	$^{214}\text{Po}$	celková aktivita
0	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
5	0,9994	0,6787	0,0030	1,6811
10	0,9987	0,8962	0,0179	1,9128
15	0,9981	0,9656	0,0457	2,0094
20	0,9975	0,9874	0,0840	2,0689
25	0,9969	0,9940	0,1298	2,1207
30	0,9962	0,9957	0,1803	2,1723
35	0,9956	0,9958	0,2335	2,2249
40	0,9950	0,9954	0,2875	2,2779
45	0,9944	0,9949	0,3411	2,3303
50	0,9937	0,9943	0,3933	2,3813
55	0,9931	0,9936	0,4435	2,4303
60	0,9925	0,9930	0,4913	2,4768
65	0,9919	0,9924	0,5362	2,5205
70	0,9912	0,9918	0,5783	2,5613
75	0,9906	0,9912	0,6173	2,5991
80	0,9900	0,9905	0,6534	2,6339
85	0,9894	0,9899	0,6866	2,6659
90	0,9887	0,9893	0,7170	2,6950
95	0,9881	0,9887	0,7447	2,7214
100	0,9875	0,9880	0,7698	2,7454
105	0,9869	0,9874	0,7927	2,7669
110	0,9862	0,9868	0,8133	2,7863
115	0,9856	0,9862	0,8319	2,8037
120	0,9850	0,9856	0,8486	2,8191
125	0,9844	0,9849	0,8636	2,8329
130	0,9838	0,9843	0,8770	2,8451
135	0,9831	0,9837	0,8890	2,8558
140	0,9825	0,9831	0,8997	2,8653
145	0,9819	0,9825	0,9092	2,8736
150	0,9813	0,9818	0,9176	2,8808

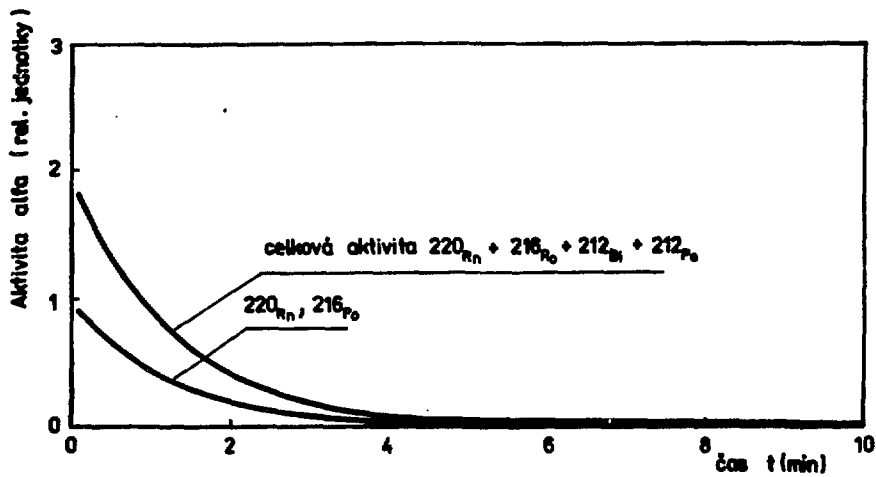
## Pokračování tabulky 1

čas /min/	A K T I V I T A /rel.j./			
	<sup>222</sup> Rn	<sup>218</sup> Po	<sup>214</sup> Po	celková aktivita
155	0,9807	0,9812	0,9251	2,8870
160	0,9801	0,9806	0,9317	2,8924
165	0,9794	0,9800	0,9375	2,8970
170	0,9788	0,9794	0,9427	2,9008
175	0,9782	0,9788	0,9471	2,9041
180	0,9776	0,9781	0,9511	2,9068
185	0,9770	0,9775	0,9545	2,9090
190	0,9764	0,9769	0,9575	2,9107
195	0,9757	0,9763	0,9600	2,9121
200	0,9751	0,9757	0,9623	2,9131
205	0,9745	0,9751	0,9642	2,9137
210	0,9739	0,9744	0,9658	2,9141
215	0,9733	0,9738	0,9671	2,9143
220	0,9727	0,9732	0,9683	2,9142
225	0,9721	0,9726	0,9692	2,9139
230	0,9715	0,9720	0,9699	2,9134
235	0,9708	0,9714	0,9705	2,9128
240	0,9702	0,9708	0,9710	2,9120
245	0,9696	0,9702	0,9713	2,9111
250	0,9690	0,9696	0,9715	2,9101
255	0,9684	0,9689	0,9717	2,9090
260	0,9678	0,9683	0,9717	2,9078
265	0,9672	0,9677	0,9717	2,9066
270	0,9666	0,9671	0,9716	2,9053
275	0,9660	0,9665	0,9714	2,9039
280	0,9654	0,9659	0,9712	2,9025
285	0,9648	0,9653	0,9709	2,9010
290	0,9641	0,9647	0,9706	2,8995
295	0,9635	0,9641	0,9703	2,8979
300	0,9629	0,9635	0,9699	2,8963



Obr. 1

Závislost alfa aktivity  $^{222}\text{Rn}$  a jeho produktů přeměny na čase  $t = 0$   $^{222}\text{Rn} = 1$ ,  $^{218}\text{Po} = ^{214}\text{Po} = 0$



Obr. 2

Závislost alfa aktivity  $^{220}\text{Rn}$  a jeho produktů přeměny na čase  $t = 0$   $^{220}\text{Rn} = 1$ ,  $^{216}\text{Po} = ^{212}\text{Bi} = ^{212}\text{Po} = 0$



byly k odlišení od předchozích případů označeny " $\lambda''$ ".  
 Při použití výchozí podmínky aktivita  $^{219}\text{Rn} = 1$ ,  $^{215}\text{Po} =$   
 $^{211}\text{Bi} = 0$  v čase  $t = 0$ , jsou rovnice pro výpočet časového  
 průběhu alfa aktivity uvedených radionuklidů následující:

$$A_{219\text{Rn}} = A_0 219\text{Rn} e^{-\lambda''_2 t} \quad /9/$$

$$A_{215\text{Po}} = A_0 219\text{Rn} \lambda''_3 \left[ \frac{e^{-\lambda''_2 t}}{\lambda''_3 - \lambda''_2} + \frac{e^{-\lambda''_3 t}}{\lambda''_2 - \lambda''_3} \right] /10/$$

$$A_{211\text{Bi}} = A_0 219\text{Rn} \lambda''_3 \lambda''_4 \lambda''_5$$

$$\left[ \frac{e^{-\lambda''_2 t}}{\lambda''_3 - \lambda''_2 \lambda''_4 - \lambda''_2 \lambda''_5 - \lambda''_2} + \frac{e^{-\lambda''_3 t}}{\lambda''_2 - \lambda''_3 \lambda''_4 - \lambda''_3 \lambda''_5 - \lambda''_3} + \right.$$

$$\left. \frac{e^{-\lambda''_4 t}}{\lambda''_2 - \lambda''_4 \lambda''_3 - \lambda''_4 \lambda''_5 - \lambda''_4} + \frac{e^{-\lambda''_5 t}}{\lambda''_2 - \lambda''_5 \lambda''_3 - \lambda''_5 \lambda''_4 - \lambda''_5} \right] /11/$$

Hodnoty  $\lambda''_1$  až  $\lambda''_5$  byly vypočteny z hodnot poločasů roz-  
 padu:  $^{223}\text{Ra}$  11,43 d,  $^{219}\text{Rn}$  3,96 s,  $^{215}\text{Po}$   $1,78 \cdot 10^{-3}$  s,  $^{211}\text{Pb}$   
 36,1 min,  $^{211}\text{Bi}$  2,13 min.

S ohledem na experimentálně sledovaný časový interval  
 při měření aktivity  $^{222}\text{Rn}$  emanační metodou a časový průběh  
 přeměny  $^{219}\text{Rn}$  a jeho produktů přeměny, alfa zářičů, jsou  
 výsledky uvedeny na obr. 3 v intervalu 0 - 60 s.

Vypočtené časové průběhy alfa aktivity podle rovnic  
 2 - 11 byly použity ke kvantitativnímu vyjádření podmínek,

Tabulka 2

Alfa aktivita  $^{220}\text{Rn}$  a jeho rozpadových produktů

čas /min/	A K T I V I T A /rel.j./				
	$^{220}\text{Rn}$	$^{216}\text{Po}$	$^{212}\text{Bi}$	$^{212}\text{Po}$	celková aktivita
0	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
5	0,0238	0,0238	0,0000	0,0000	0,0476
10	0,0006	0,0006	0,0000	0,0001	0,0013
15	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002
20	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0003
25	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0003
30	0,0000	0,0000	0,0001	0,0003	0,0004
35	0,0000	0,0000	0,0002	0,0003	0,0005
40	0,0000	0,0000	0,0002	0,0003	0,0005
45	0,0000	0,0000	0,0002	0,0004	0,0006
50	0,0000	0,0000	0,0002	0,0004	0,0006
55	0,0000	0,0000	0,0002	0,0004	0,0006
60	0,0000	0,0000	0,0002	0,0004	0,0007
65	0,0000	0,0000	0,0003	0,0005	0,0007
70	0,0000	0,0000	0,0003	0,0005	0,0008
75	0,0000	0,0000	0,0003	0,0005	0,0008
80	0,0000	0,0000	0,0003	0,0005	0,0008
85	0,0000	0,0000	0,0003	0,0005	0,0008
90	0,0000	0,0000	0,0003	0,0006	0,0009
95	0,0000	0,0000	0,0003	0,0006	0,0009
100	0,0000	0,0000	0,0003	0,0006	0,0009
105	0,0000	0,0000	0,0003	0,0006	0,0009
110	0,0000	0,0000	0,0003	0,0006	0,0010
115	0,0000	0,0000	0,0004	0,0006	0,0010
120	0,0000	0,0000	0,0004	0,0006	0,0010

za kterých dochází k rušivému vlivu  $^{220}\text{Rn}$  a  $^{219}\text{Rn}$  při stanovení  $^{222}\text{Rn}$ . Z porovnání časových průběhů aktivity, resp. aktivity vyjádřené v relativních jednotkách po 60 minutách nárůstu ve scintilační nebo ionizační komoře vyplývá, že  $^{220}\text{Rn}$  a jeho rozpadové produkty mají relativní aktivitu 0,03 % ve srovnání s aktivitou  $^{222}\text{Rn}$  100 %, za předpokladu stejných vstupních aktivit. Rušivý vliv  $^{219}\text{Rn}$  je za stejných podmínek přibližně ještě o 1 řad menší než vliv  $^{220}\text{Rn}$ .

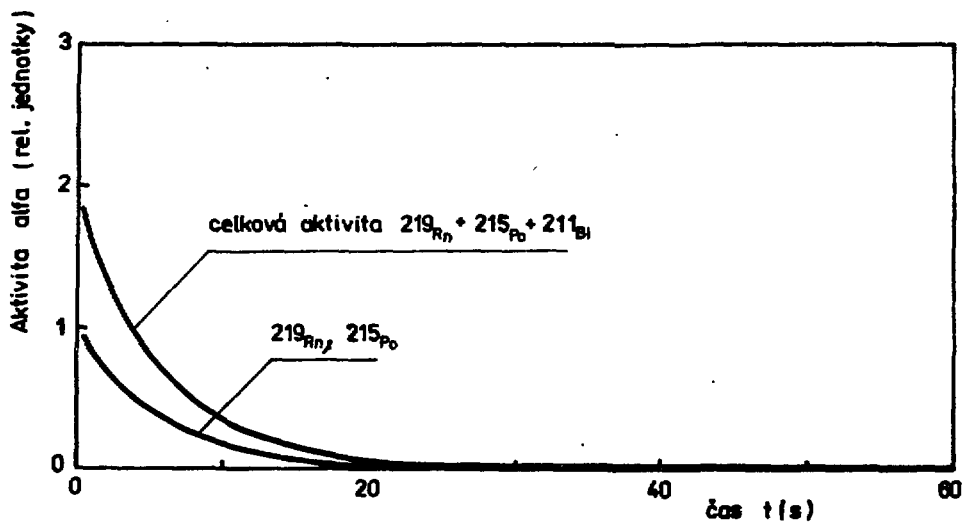
Porovnání nárůstu ionizačního proudu při měření reálných vzorků, etalonu  $^{222}\text{Rn}$  a teoretického nárůstu aktivity alfa emanace  $^{222}\text{Rn}$ .

Na příkladu vzorku vody odebraného z cenomanského horizontu na lokalitě Stráž p. Ralskem s objemovou aktivitou  $^{222}\text{Rn}$  3700 Bq/l, byl měřen časový průběh ionizačního proudu prostřednictvím měření doby pohybu vlákna elektrometru mezi zvolenými dílky stupnice. Průměrné hodnoty 2 měření jsou uvedeny v tab. 3. Naměřené hodnoty byly opraveny na pozadí přístroje podle vztahu:

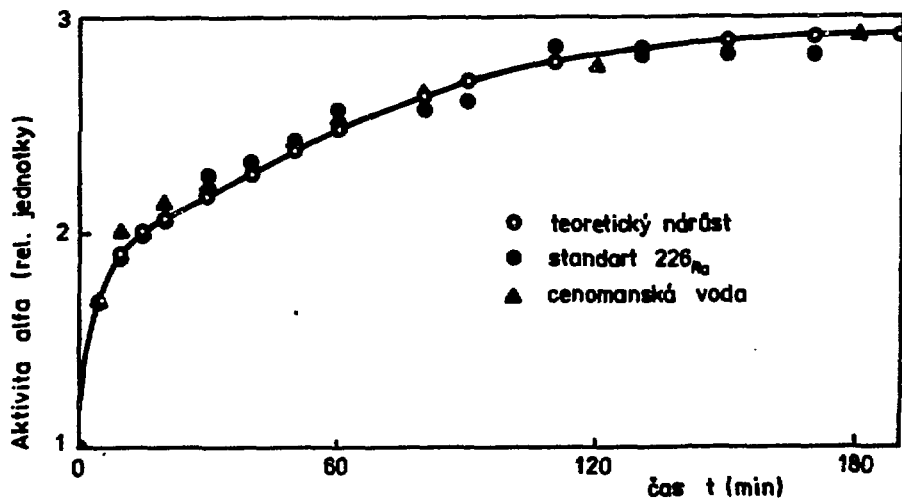
$$1/t_v \text{ korig} = 1/t_{vz} - 1/t_p \quad /12/$$

kde  $t_v \text{ korig}$  je doba pohybu vlákna mezi 10 - 30 dílkem stupnice elektrometru opravená na pozadí /s/  
 $t_{vz}$  doba pohybu vlákna při měření vzorku /s/  
 $t_p$  doba pohybu vlákna při měření pozadí /s/

Pro možnost srovnání experimentálních údajů s teoretickým nárůstem alfa aktivity  $^{222}\text{Rn}$  a jeho produktů přeměny uvedenými v tab. 1 byla doba pohybu vlákna převáděna na srovnatelný údaj. Rychlost pohybu vlákna, reciproká hodnota



Obr. 3 Závislost alfa aktivity  $^{219}\text{Rn}$  a jeho produktů přeměny na čase  
 $t = 0$   $^{219}\text{Rn} = 1$ ,  $^{215}\text{Po} = ^{211}\text{Bi} = 0$



Obr. 4 Závislost alfa aktivity  $^{219}\text{Rn}$  a jeho produktů přeměny na čase, srovnání s nárůstem aktivit emanace standardu  $^{226}\text{Ra}$  a cenomanské vody

$t_v$  korig v případě cenomanské vody po 190 minutách nárůstání emanace, byla po vynásobení korekčním faktorem položena za rovnou teoreticky vypočtené hodnotě po 190 minutách nárůstání 2,9107 rel. j. převzaté z tab. 1. Pro dobu potřebnou k proběhnutí vlákna mezi 10 - 30 dílkem stupnice po 190 minutách nárůstání u vzorku cenomanské vody  $k_f = 2,9107 \cdot 6,0 = 17,4642$ . Vypočteným faktorem byly násobeny rychlosti pohybu vlákna při ostatních dobách nárůstání. Aktivita resp. hodnota ionizačního proudu v relativních jednotkách je uvedena v tab. 3. Dále jsou uvedeny hodnoty rozdílu teoretického nárůstu a experimentálně zjištěného. Shodný postup byl použit při porovnání výsledků měření  $^{222}\text{Rn}$  ze standardního roztoku  $^{226}\text{Ra}$  etalonu ÚVVVR Praha. V tomto případě byla hodnota korekčního faktoru vypočtena z výsledků měření po 180 min. Teoretické a experimentální hodnoty nárůstu alfa aktivity  $^{222}\text{Rn}$  a emanace cenomanské vody jsou zpracovány na obr. 4. Ze srovnání experimentálně zjištěných hodnot nárůstu ionizačního proudu pro  $^{222}\text{Rn}$  z etalonu, emanace z cenomanské vody a teoretických hodnot vyplývá dobrá shoda. Z porovnání odchylek nárůstu aktivity  $^{222}\text{Rn}$  ze standardu a cenomanské vody resp. nárůstu ionizačního proudu a teoreticky vypočteného nárůstu alfa aktivity  $^{222}\text{Rn}$  a jeho produktů přeměny vyplývá, že odpovídají relativní směrodatné odchylce, se kterou měříme rychlost pohybu vlákna. Relativní směrodatná odchylka opakovaných měření rychlosti pohybu vlákna činí podle jiných měření autorů 3 %. Shoda časových průběhů ionizačního proudu tedy znamená, že stanovení  $^{222}\text{Rn}$  v cenomanské vodě není v daném případě ovlivňováno rušivými vlivy  $^{219}\text{Rn}$  a  $^{220}\text{Rn}$ .

Tabulka 3

Porovnání experimentálně zjištěných a teoreticky vypočtených hodnot nárůstu alfa aktivity  $^{222}\text{Rn}$   $^{218}\text{Po}$  a  $^{214}\text{Po}$

čas /min/	Teoretic- ký nárůst alfa ak- tivity /rel.j./	Standard $^{226}\text{Ra}$			cenomanská voda		
		čas /s/	Rel.ná- růst ak- tivity /rel.j./	Odchyl- ka od teoret. nárůstu /‰/	čas /s/	Rel.ná- růst ak- tivity /rel.j./	Odchyl- ka od teoret. nárůstu /‰/
0	1,0000	-	-	-	-	-	-
5	1,6811	99,8	1,675	- 0,4	10,4	1,679	- 0,1
10	1,9128	81,6	2,048	+ 7,1	9,3	1,878	- 1,8
15	2,0094	-	-	-	8,8	1,985	- 1,2
20	2,0689	77,0	2,171	+ 4,9	8,5	2,055	- 0,7
30	2,1723	75,0	2,229	+ 2,6	7,7	2,268	+ 4,4
40	2,2723	-	-	-	7,5	2,329	+ 2,5
50	2,3813	69,0	2,422	+ 1,7	7,2	2,426	+ 1,9
60	2,4768	66,8	2,502	+ 1,0	6,8	2,568	+ 3,7
80	2,6339	63,4	2,636	- 0,1	6,8	2,568	- 2,5
90	2,6950	-	-	-	6,7	2,607	- 3,3
110	2,7863	-	-	-	6,1	2,863	+ 2,8
120	2,8191	60,2	2,776	- 1,5	-	-	-
130	2,8451	-	-	-	6,2	2,817	- 1,0
150	2,8808	59,0	2,833	- 1,7	6,2	2,817	- 2,2
170	2,9008	-	-	-	6,2	2,817	- 2,9
180	2,9068	57,5	2,907	0,0	-	-	-
190	2,9107	-	-	-	6,0	2,911	0,0

## SOUHRN

Byl posouzen rušivý vliv radioizotopů radonu  $^{219}\text{Rn}$  a  $^{220}\text{Rn}$  při stanovení  $^{222}\text{Rn}$  iontometrickými a scintilačními metodami. Z posouzení teoreticky vypočteného časového průběhu alfa aktivity  $^{219}\text{Rn}$  a  $^{220}\text{Rn}$  a jejich produktů přeměny vyplývá, že rušivý vliv na úrovni 5 % aktivity  $^{222}\text{Rn}$  a jeho produktů přeměny by v případě měření po 60 min. nárůstání v ionizační scintilační komoře nastal při relativní aktivitě  $^{220}\text{Rn}$  177x větší ve srovnání s aktivitou  $^{222}\text{Rn}$  v okamžiku převádění emanací do ionizační komory. Stejný rušivý vliv  $^{219}\text{Rn}$  by s ohledem na jeho poločas přeměny nastal při převýšení aktivity  $^{222}\text{Rn}$  o řád větší než v případě  $^{220}\text{Rn}$ . Uvedené skutečnosti znamenají, že rušivý vliv při stanovení  $^{222}\text{Rn}$  působený kontaminací vzorku přírodními radioizotopy radonu je v případě běžných vzorků zcela zanedbatelný.

Rušivý vliv při stanovení ve vzorcích odebíraných v oblastech s předpokládaným zvýšeným obsahem přírodních radionuklidů, případně odpadních vodách z těžby radioaktivních surovin, je možné posoudit srovnáním časového průběhu nárůstu aktivity vzorku a etalonu. Je uvedeno srovnání na příkladu vzorku vody odebraného z cenomanského horizontu s objemovou aktivitou radonu 3700 Bq/l.

## LITERATURA

- [1] Manual on Industrial Water. ASTM Philadelphia, 1966
- [2] MANSFELD, A., HANSLÍK, E.: Příspěvek k odstraňování  $^{222}\text{Rn}$  provzdušňováním. In: Modelový výzkum v technologii úpravy vody. ČS VTS Konopiště, 1978.
- [3] HANSLÍK, E.: Radon-222 ve vodách, jeho vlastnosti a

odstraňování. Kandidátska disertační práce, VŠCHT Praha, 1980

[4] MAJER, J. a kol.: Základy jaderné chemie. SNTL/ALFA Praha 1981

[5] GUSEV, N.G. - DMITRIJEV, P.P.: Radioaktivnyje cepočki. Atomizdat Moskva, 1978.

### SUMMARY

The interference of  $^{219}\text{Rn}$  and  $^{220}\text{Rn}$  radioisotopes in determining  $^{222}\text{Rn}$  by ~~countometric~~ and scintillation methods, ~~was considered.~~ <sup>the</sup> theoretically calculated time pattern of the alpha activity of  $^{219}\text{Rn}$  and  $^{220}\text{Rn}$  and their products suggests that the interference at a 5% activity level of  $^{222}\text{Rn}$  and its transformation products would be, in the case ~~of~~ of growth measurements after 60 min. in an ionization or scintillation chamber, at a  $^{220}\text{Rn}$  relative activity 177 times higher compared with the  $^{222}\text{Rn}$  activity at the moment of transferring the emanations in ~~the ionization chamber.~~ Taking into account the  $^{219}\text{Rn}$  transformation half-life, the same interference would occur when the  $^{222}\text{Rn}$  activity exceeded the  $^{220}\text{Rn}$  activity by one order. ~~from what has been said it follows that~~ <sup>thus</sup>, as far as routine samples are concerned, the interference in the  $^{222}\text{Rn}$  determination caused ~~and~~ <sup>with</sup> by sample contamination due to natural radon isotopes ~~can~~ <sup>is</sup> be completely neglected.

The interference during the determination in samples obtained in areas with an assumed higher content of natural radionuclides, or wastewaters from mining of radioactive raw materials, can be judged by comparing the time patterns of the increased sample and ~~standard~~ <sup>standard</sup> activity. The com-

ol

ES



~~parison using a water sample with a radon volume activity of 3700 Bq/l is presented.~~

Ing. E. HANSLÍK, CSc., Ing. A. MANSFELD, CSc.  
Výskumný ústav vodohospodářský  
Podbabská 30, 160 62 Praha 6

## Z B O R N Í K

prednášok z XIX. seminára "NOVÉ ANALYTICKÉ METÓDY V CHÉMII  
VODY - HYDROCHÉMIA 82"

Vydáva Pobočka ČSVTS pri Výskumnom ústave vodného hospodár-  
stva v Bratislave v spolupráci s Výskumným ústavom vodného  
hospodárstva v Bratislave

### REDAKČNÁ RADA

RNDr. Anna Bíliková, CSc., Ing. Pavol Hucko, RNDr. Ján  
Lehocký, Ing. Ján Mayer, CSc., Ing. Vladimír Stankovič, CSc.

### TECHNICKÝ REDAKTOR

Ing. Vladimír Stankovič, CSc.

### FOTOTLAČ

Výskumný ústav vodného hospodárstva v Bratislave

Náklad 250

Publikácia je predajná len socialistickým organizáciám

---

© Pobočka ČSVTS pri Výskumnom ústave vodného hospodár-  
stva v Bratislave