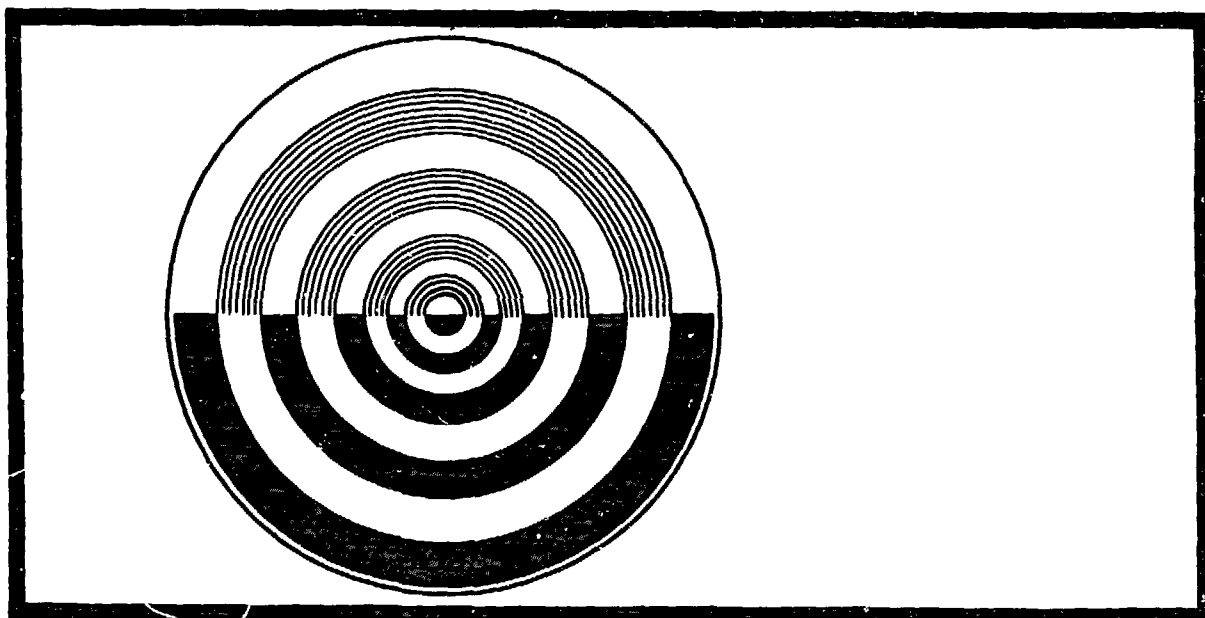


INIS-mf--6484

CS8108004

**JOZEF KORTUS
JÁN MAYER**

**RADIOAKTIVITA VÔD
ŽITNÉHO OSTROVA**



VÝSKUMNÝ ÚSTAV VODNÉHO HOSPODÁRSTVA

BRATISLAVA



**VÝSKUMNÝ ÚSTAV VODNÉHO HOSPODÁRSTVA
BRATISLAVA**

Informácie

51

Ing. JOZEF KORTUS, CSc. - Ing. JÁN MAYER, CSc.

**RÁDIOAKTIVITA VÔD
ŽITNÉHO OSTROVA**

Bratislava 1978

Účelová publikácia Výskumného ústavu vodného hospodárstva
v Bratislave

Vydala ALFA, vydavateľstvo technickej a ekonomickej litera-
túry, n.p., Bratislava

Lektoroval Ing. Vladimír Stankovič, CSc.

Redakcia interných publikácií - vedúci redaktor Juraj Koutný

© J. Kortus - J. Mayer, 1978

OBSAH

1. Úvod	5
2. Rádioaktivita podzemných vôd	6
3. Zdroje rádioaktívnej kontaminácie	8
4. Procesy ovplyvňujúce výskyt rádionuklidov v podzemných vodách	10
4.1 Pohyb rádionuklidov v podzemnej vode	10
4.2 Sorpcia rádionuklidov pôdou	11
4.3 Rozdeľovací koeficient a rýchlosť prenikania rádionuklidov	12
4.4 Desorpcia rádionuklidov z pôdy	14
4.5 Vlastnosti pôdy pri penikání rádionuklidov	15
4.51 Pôda ako mechanický filter	15
4.52 Pôda ako iónomenič	15
4.53 Pôda ako zrážadlo	16
4.6 Hodnotenie sorpčných vlastností pôd z hľadiska ochrany podzemných vôd	17
5. Súčasný stav rádioaktivity povrchových a podzemných vôd Žitného ostrova	18
6. Záver	24
Literatúra	26

1. ÚVOD

Podzemné vody hodnotíme v súčasnosti ako prirodzené bohatstvo, ktoré zohráva a ešte dlhší čas bude mať rozhodujúcu úlohu pri zásobovaní obyvateľstva pitnou vodou. Rádioaktivita podzemných vôd je predmetom výskumu vo všetkých vyspelých štátoch, najmä tam, kde možno predpokladať na základe zloženia pôdy a hornín zvýšený výskyt rádioaktívnych látok vo vode alebo prenikanie rádionuklidov zo silnejších zdrojov umelých a prirodzených rádioaktivít. Vyžaduje si to ochrana obyvateľstva, pre ktoré je podzemná voda zdrojom pitnej vody.

Mimoriadne významné zásoby podzemnej vody sa nachádzajú na Žitnom ostrove. Žitný ostrov je ohraničený Dunajom, Malým Dunajom a Váhom. Vodohospodárska záujmová oblasť však nie je úplne totožná s plochou Žitného ostrova, lebo na severe zaberá ešte časť územia medzi Čiernou vodou a Malým Dunajom a na juhovýchodnej strane je ohraničená kanálom Palkovičovo-Aszód. Žitný ostrov je vytvorený zo štrkopieskových náplavov a vytvára jedinečný prirodzený zdroj pitnej vody.

Možnosť využiť túto vodu ako pitnú bez ďalšej úpravy sa stala základom Smerného vodohospodárskeho plánu SSR. Počíta sa, že po roku 2000 sa využitím podzemných vôd Žitného ostrova zabezpečí asi tretina potreby pitnej vody na Slovensku.

Ohromný význam Žitného ostrova ako zdroja pitnej vody bol potvrdený tým, že ani v obdobiach mimoriadneho sucha a enormného poklesu prietokov v Dunaji sa neprerušil optimál-

ny odber vody, a tým sa ani podstatne nenarušilo zásobovanie Bratislavy pitnou vodou.

2. RÁDIOAKTIVITA PODZEMNÝCH VÔD

Pri úvahách o výskyte rádionuklidov vo vodných zdrojoch nesmieme prehliadnuť, že príroda a človek stáli už pri zrode života na Zemi pod stálym pôsobením ionizujúceho žiarenia. Zásadne tento jav nie je novinkou nášho atomového veku.

Kedysi pramene s vyšším obsahom rádionuklidov boli vyhľadávané a často vznikali pri nich známe kúpeľné miesta. Dnes sa však prítomnosť rádionuklidov vo vode považuje skôr za ohrozenie zdravia, a preto sa vynakladá veľké úsilie na ich stanovenie a na udržanie obsahu rádioaktivity, najmä v pitných vodách, v čo najnižších koncentráciách.

Zmeny názorov v hodnotení rádionuklidov sa vysvetľujú najmä tým, že do roku 1945 obsah rádionuklidov bol daný ich prírodným výskytom. Prevádzkou jadrových energetických zariadení a pokusnými výbuchmi termonukleárnych zbraní sa však vytvárali a i v súčasnosti vznikajú veľké množstvá rádionuklidov, v porovnaní s ktorými je výskyt prírodných rádionuklidov takmer zanedbateľný.

Zvyšovanie obsahu rádionuklidov rastúcou mierou aplikácie jadrovej energie v technike, priemysle a lekárskej vede je aktuálnym nebezpečenstvom z hľadiska rádioaktívnej kontaminácie vôd aj u nás. V posledných desiatich rokoch sa aj v našich povrchových vodách /Dunaj/ pozorovalo určité zvýšenie hladiny rádionuklidov. Možné genetické ovplyvnenie konzumentov vôd zdôvodňuje kontrolu obsahu rádionuklidov tak v povrchových, ako aj podzemných vodách.

Pri sledovaní obsahu rádionuklidov vo vodách je po-

trebné rozlišovať medzi prirodzenou zložkou rádioaktivity, na ktorú si ľudstvo zvyklo a sa jej prispôbilo, a na umelú zložku, ktorá predstavuje väčšie nebezpečenstvo.

Prirodzená zložka rádioaktivity vôd pochádza najmä z aktivity vo vode rozpustných solí draslíka, uránu, tória, aktínia a ich dcérinných produktov, tritia a ^{14}C vznikajúcich v stratosfére.

Podzemné vody sa obohacujú stabilnými a rádioaktívnymi prvkami následkom spolupôsobenia s horninami, v ktorých obiehajú. Preto sú obsah, rozloženie a forma výskytu rádioaktívnych prvkov v horninách rozhodujúcimi faktormi, určujúcimi podmienky obsahu rádionuklidov v podzemných vodách. I keď sa problematike venuje pozornosť už dlhší čas, predsa sú poznatky ešte nedostatočné, najmä preto, lebo sú v prvom rade zamerané na vyhľadávanie nálezísk rádioaktívnych surovín.

Z doteraz vykonaných prác jednoznačne vyplýva, že zvýšený obsah prirodzených rádionuklidov v horninách je dôležitým faktorom pre ich koncentráciu vo vodnej fáze, avšak rozdiely od rovnovážnych stavov sú vysvetľované fyzikálno-chemickými faktormi, ako je chemická povaha rádionuklidov, pH, chemické zloženie a pod.

Umelá rádioaktivita vzniká ostreľovaním stabilných jadier elementárnymi časticami /neutrón, protón/ s vysokou energiou. Tak vznikajú nestabilné jadrá s charakteristickou rádioaktivitou.

Tažké jadrá sa rozpadávajú na dva až tri štiepne produkty strednej a menšej hmotnosti za vysielenia neutrónov, ako aj ionizujúceho žiarenia.

3. ZDROJE RÁDIOAKTÍVNEJ KONTAMINÁCIE

Ako zdroje umelej rádioaktivity vo vodách prichádzajú do úvahy najmä [20]:

1. Odpadové vody z reaktorov, jadrových elektrární a zo závodov na spracovanie paliva. Prísne preventívne predpisy platné v týchto zariadeniach podstatne znižujú nebezpečenstvo kontaminácie povrchových, resp. podzemných vôd, avšak problém zostáva závažný aj pri bežnej prevádzke. Situácia sa mení najmä v havarijných prípadoch, keď je potrebné počítať s vyššími aktivitami aj v odpadových vodách. Dlhšou prevádzkou, ako aj budovaním ďalších jadrovo-energetických zariadení zvyšuje sa nebezpečenstvo kontaminácie povrchových, resp. podzemných vôd, ako aj možnosť havárie.

2. Odpadové vody z priemyslu, laboratórií, nemocníc, ktoré používajú rádionuklidy.

3. Odpadové vody z uránového priemyslu, obohacujúce síce prirodzené rádionuklidy, ktoré sa však dostali do odpadových vôd ľudskou činnosťou.

Rádioaktívna kontaminácia vody predstavuje nebezpečenstvo najmä vtedy, ak slúži ako zdroj pitnej vody. Rádioizotopy sa môžu z vody uprednostnene kumulovať v jednotlivých orgánoch /kritické orgány/ a predstavujú ako inkorporovaný materiál, najmä ak izotop má dlhší poločas, trvalú radiačnú záťaž.

Pokiaľ rádioizotop uvažovaného prvku sa vo vode nenachádza v sprievode stabilných izotopov toho istého prvku alebo prvku podobných chemických vlastností, nepodliehajú atómy rádioizotopov pre ich extrémne nízke hmotnostné koncentrácie bežným fyzikálno-chemickým reakciám, ako zrážanie, sorpcia, hydrolýza, tvorba koloidov a pod. Na porozu-

menie dejov, ktorým podliehajú rádionuklidy v podzemných a povrchových vodách, je potrebné o týchto druhoch vôd uvažovať v tejto súvislosti separátne. Pre vzájomnú závislosť zložiek hydrosféry by sme však chceli v krátkosti poukázať na odlišné správanie rádionuklidov v atmosferickej vode.

V atmosfére štiepne produkty, ktoré vznikli napríklad pokusnými výbuchmi termonukleárnych zbraní, sa spočiatku nachádzajú vo forme aerosolu o veľmi malých rozmerov, ktoré okrem rádioaktívneho materiálu obsahujú i neaktívny podiel. Po styku týchto častíc s atmosferickou vodou nastane ich čiastočné rozpúšťanie, značný podiel však neprechádza do roztoku, o čom sa názorne presvedčíme jednoduchou filtráciou zrážkovej vody membránovým filtrom. Rozpustný podiel štiepných produktov vytvárajú napríklad katióny Cs^+ , Sr^{2+} alebo anióny ako J^- , RuO_4^{2-} a iné. Tieto ióny sa zúčastňujú na rôznych dejoch, napr. na hydrolýze, ktorá ich môže premeniť na ľahšie sorbovaný koloid.

V atmosfére vznikajú ďalšie rádionuklidy, predovšetkým tritium a ^{14}C , jednak umelým spôsobom z pokusných výbuchov termonukleárnych zbraní, jednak prírodným spôsobom aktiváciou zložiek ovzdušia, dusíka a kyslíka, vysokoenergetickým kozmickým žiarením. Predpokladá sa, že tritium vzniká tiež interakciou slnečných protónov so zemskou atmosférou. ^{14}C vzniká jadrovou reakciou zo ^{14}N konštantnou rýchlosťou a vytvára prirodzenú koncentráciu ^{14}C v hodnote $40,7 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ / $1,1 \text{ pCi}\cdot\text{m}^{-3}$ /.

Okrem uvedených ciest vstupu rádionuklidov do atmosféry treba uvažovať aj o difúzii dcériných produktov niektorých rádionuklidov v plynnom stave / ^{222}Rn , ^{220}Rn a ^{219}Rn , t.j. radón, torón a aktinón / z pôdnych vrstiev do atmosféry a odtiaľ do zrážkovej vody. Koncentrácie radónu v zrážkových vodách môžu byť vysoké až do $1850 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$ / 50 pCi .

1.s⁻¹. Pri hodnotení tohto podielu rádioaktivity berieme však do úvahy jeho krátky čas polovičnej premeny, ktorý je 3,8 dňa.

4. PROCESY OVPLYVŇUJÚCE VÝSKYT RÁDIONUKLIDOV V PODZEMNÝCH VODÁCH

Pri posudzovaní rádioaktivity podzemnej vody predovšetkým uvažujeme o dejoch, ktoré prebiehajú pri styku medzi tuhou a tekutou fázou, t.j. pôda - voda.

4.1 POHYB RÁDIONUKLIDOV V PODZEMNEJ VODE

Nie je možné dať jednoznačnú odpoveď na tieto vzťahy, pretože voda v skutočnosti nie je vodou vo vlastnom zmysle slova, ale vodným roztokom, a pôda je mimoriadne zložitý komplexný materiál s určitou priepustnosťou a z hľadiska chemického a fyzikálneho heterogénnou štruktúrou; najdôležitejšiu úlohu tu majú pomerne veľké styčné plochy medzi fázou tekutou a tuhou, na ktorých sa odohrávajú rôzne fyzikálno-chemické deje. Pri hraničných plochách máme niekoľko manometrov od usporiadanej kryštalickej mriežky neusporiadaný, premenlivý stav tekutej fázy. Medzi nimi sa nachádza práve styčná plocha, ktorá sa nedá chápať ako plocha najmä nie z hľadiska usporiadania hmoty, ako aj z hľadiska usporiadania silových polí, ktorých pôsobnosť sa prekrýva zložitým a takmer neprehľadným spôsobom.

V tomto prostredí sa odohrávajú deje, ktorým je voda vystavená počas svojej cesty k podzemnej vode, ako aj v jej prúde, a nás predovšetkým zaujíma, ako sa za týchto podmienok správajú rádionuklidy. Rádionuklidy sa však tu nenachádzajú izolovane, ale spolu s inými útvarmi, ako sú ióny, molekuly, koloidy alebo i živé útvary, ako pôdne baktérie,

koreňové systémy a pod. Pre rôznorodosť parametrov, pre odlišnosť regionálnych charakteristík nepostačia doteraz dočlenené výsledky na zovšeobecnenie záverov a nemôžu byť šablónovite aplikované na rôzne oblasti.

4.2 SORPCIA RÁDIONUKLIDOV PÔDOU

Možno však počítať aj s tým, že pôdne vrstvy chránia podzemné vody nielen pred bakteriálnou, ale aj pred rádioaktívnou kontamináciou už aj preto, lebo voda potrebuje na prestup pôdnymi vrstvami určitý čas, v ktorom sa prirodzeným rozpadom rádioaktívnosť znižuje. Účinne tu pôsobí aj mimoriadne veľký vnútorný povrch pôdy. Na tomto povrchu prebiehajú sorpčné a koprecipitačné reakcie, iónové výmeny a pod. Izotopy sa správajú rôzne podľa formy výskytu; nachádzajú sa ako voľné ióny, molekuly, koloidné častice, z ktorých niektoré sú silne hydrátované s veľkým objemom. Veľký vplyv má i mocnosť a náboj iónov [2].

Vo všeobecnosti katióny s vyšším nábojom sa ľahšie adsorbujú, anióny menej. Sr^{2+} a Cs^+ sa adsorbujú humusovitými látkami a hlinou. Prenikanie rádionuklidov do väčších hĺbok nastáva pri nízkom obsahu ílu a humusu a za prítomnosti väčšej kontaminácie elektrolytu a vody [4]. Rádiostroncium sa zachytáva už v hornej organickej vrstve pôdy a jestvuje korelácia medzi koncentráciou rádionuklidu a obsahom organickej substancie [11], [12].

Pre adsorpciu Sr^{2+} má veľký význam fosforečnanový ión, pretože spolu aj s vápnikom vytvára opatitové mriežky so vstavaným Sr^{2+} [17]. Ytrium, lantán a cér ľahko podliehajú koprecipitačným reakciám. Na základe týchto reakcií väčšina rádioizotopov zo zložky spađu nedosahuje podzemnú vodu s výnimkou tritia, ktoré nie je ovplyvnené týmito reakciami.

Na postup rádioaktívnych látok biosférou vykazuje významný vplyv pôda, prostredníctvom ktorej rádioaktívne látky prijímajú rastliny, dostávajú sa do podzemných alebo povrchových vôd, alebo sú v pôde pevne fixované [5], [6]. Preto je snahou predvídať, ovplyvňovať a kontrolovať správanie rádionuklidov v pôde, do ktorej sa dostanú atmosférickým spadom, pri likvidácii rádioaktívnych odpadov, z prevádzky rádioizotopových pracoviísk pri bežnej prevádzke a pri haváriách jadrových zariadení. Na hodnotenia poskytujú informácie výsledky stanovenia sorpčných vlastností pôdy, údaje o desorpcii rádionuklidov a o ich pohybe v pôdach.

4.3 ROZDEĽOVACÍ KOEFICIENT A RÝCHLOSŤ PRENIKANIA RÁDIONUKLIDOV

Sorpčná schopnosť zeminy sa zisťuje z rozdelenia rádionuklidov medzi tuhú a kvapalnou fázou za rovnovážnych podmienok [1]. Z rozdelenia rádionuklidov medzi roztokom a zeminou sa vypočíta rozdeľovací koeficient:

$$K_d = \frac{M_1}{M_2} \cdot \frac{V}{m}$$

kde M_1 a M_2 sú podiely rádionuklidov v zemine, resp. v roztoku,

V - objem kvapalnej fázy v ml,

m - návažok zeminy v gramoch.

Stanovenie sorpčných rýchlostí ^{90}Sr a ^{137}Cs ukázalo, že konštantné rozdelenie nastane medzi zeminou a vodným roztokom pri ^{90}Sr za pol hodiny, pri ^{137}Cs až za tri hodiny. Desorpcia z pôdy je za statických podmienok ťažká najmä pre ^{137}Cs , lebo mikromnožstvá Cs sú pôdnymi minerálmi sorbované takmer vo fixovanom stave.

Zo sledovania pohybu rádioaktívnych látok v pôde sa dá usudzovať i na ohrozenie zdrojov pitnej a úžitkovej vody [3]. Sledovaním migrácie rádionuklidov metódou tenkej vrstvy sa stanovuje rýchlosť pohybu rádionuklidov zeminami vzhľadom na pohybujúci sa elektrolyt a disperzný koeficient D_x rádionuklidu v systéme. Relatívna rýchlosť je mierou sorpčnej schopnosti zeminy voči rádionuklidu a disperzný koeficient je mierou spôsobu, akým sa rádionuklidy pohybujú.

Rýchlosť pohybu ^{90}Sr v československých pôdach je asi 10 ráz menšia ako rýchlosť prenikania vody. Pre ^{137}Cs je situácia ešte priaznivejšia, jeho pohyb v pôdach je len nepatrný. Pohyb oboch rádionuklidov je ovplyvnený prítomnosťou konkurenčných iónov vo vodách. Napríklad stroncium je ovplyvnené iónmi Cs. Ukázalo sa, že väčšina poľnohospodársky využívaných pôd v Československu dobre zadržuje ^{90}Sr a ^{137}Cs , čo je dôležité pri haváriách. Nehrozí teda bezprostredné nebezpečenstvo, že by tieto rádionuklidy rýchlo kontaminovali podzemné vody, na druhej strane však pôdne depozity kontaminujú rastliny [7].

Prirodzené alebo umelé rádioaktívne látky podliehajú pri vstupe do hydrosféry rôznym procesom, ktorých znalosť je z vodohospodárskeho hľadiska veľmi dôležitá. Fyzikálne, chemické, biologické procesy vo vodách vedú k rozdeleniu distribúcie rádioaktívnych látok, k rozptýleniu a v zriedkavých prípadoch aj k ich koncentrovaniu. Podľa typu vôd jednotlivé procesy prevládajú. Preto rádioaktivita odlišne ovplyvňuje jednotlivé vody. Získané skúsenosti majú veľký význam pre voľbu umiestnenia reaktorov, ako aj pre voľbu zabezpečovania obyvateľstva pitnou vodou v havarijných prípadoch a v núdzových situáciách.

4.4 DESORPCIA RÁDIONUKLIDOV Z PŮDY

Veľký význam majú vlastnosti rôznych rádionuklidov pri styku s pôdou. Retenciou rádionuklidov pôdnymi vrstvami sa napríklad zásoby podzemnej vody chránia, takže neboli doteraz podstatne zasiahnuté rádioaktívnymi látkami. Na posúdenie ohrozenia podzemnej vody rádioaktívnymi látkami je potrebné poznať ich vlastnosti v pôde, najmä kolmú perkoláciu s prestupujúcou zrážkovou vodou a šírenie oblasti prúdu podzemnej vody.

Existuje závislosť medzi stupňom kontaminácie a celkovými ročnými zrážkami, ako aj nadmorskou výškou [18]. Dažďová voda obsahuje meniace sa množstvá iónov, ako Na^+ , K^+ , NH_4^+ a Ca^{2+} , ktoré zvyšujú desorpciu ^{90}Sr . Okrem toho dažďová voda tiež rozpúšťa niektoré soli z pôdy, najmä vápnik, a jej účinnosť na desorpciu ^{90}Sr sa tým zvyšuje.

Dažďová voda teda môže silne ovplyvniť horizontálnu a vertikálnu migráciu ^{90}Sr . Veľké dažde môžu vyplaviť a odnášať rádiostroncium na iné miesto, kde dochádza k jeho určitej koncentrácii, prípadne účinkom dažďa nastáva vertikálne prenikanie ^{90}Sr do väčších hĺbok pôdy [8]. Tento proces prebieha intenzívnejšie najmä v piesočnatých pôdach, kde sorpčná schopnosť minerálov je nižšia.

Vyslovenie všeobecne platných predpovedí je sťažené rôznorodosťou prírodných typov, ktoré sa vyskytujú v čistej pôde alebo v zmiešanej forme, a preto majú odlišný vplyv na rôzne rádionuklidy. Urobili sa pokusy na predpoveď vlastností rádioaktívnych látok v pôde a v iných pórovitých médiách. Problémy sú veľmi zložité a rozmanité a matematicky sa dajú formulovať len po veľkom zjednodušení skutočných závislostí; výpočty bez dostatočných fyzikálnych a chemických laboratórnych, ako i poľných pozorovaní nie sú dostatočne spoľahlivé.

Štruktúra pôdy nie je jednotná ani zo stránky fyzikálnej ani chemickej. Odlišná pórovitosť, vyvolaná aj poľnohospodárskym zásahom, rôzne chemické a biologické závislosti, odlišné pH hodnoty a obsahy humínových kyselín a solí, kultivácia rozličných rastlín a ďalšie okolnosti sú pre správanie rádionuklidov v pôde veľmi významné a zároveň vysvetľujú aj príčinu, pre ktorú aj pri rovnakom type pôdy mohli sa dosiahnuť odlišné výsledky [9].

4.5 VLASTNOSTI PÔDY PRI PRENIKANÍ RÁDIONUKLIDOV

Pôda má nezávisle od druhu a zloženia pri prenikaní rádioaktívnych látok, ktoré sú zmesou rádionuklidov, nehomogénnych z chemického a fyzikálneho hľadiska, trojakú funkciu:

- a/ ako mechanický filter,
- b/ ako iónomenič,
- c/ ako zrážadlo.

Ktorý z týchto troch dejov prevláda, záleží predovšetkým na tom, či sa rádionuklidy nachádzajú v nerozpustenej, rozpustenej alebo v rozpustnej forme.

4.51 Pôda ako mechanický filter

Filtračné pôsobenie je závislé od štruktúry, textúry pôdy, najmä od pomeru íl-piesok, preto majú poľnohospodársky využívané pôdy menší filtračný efekt, ako má neobrábaná pôda, lúky väčšmi zadržiavajú rádionuklidy ako ornica. Je to teda predovšetkým hustota pôdy, ktorá pôsobí proti prenikaniu častíc zo spadu následkom účinku gravitácie.

4.52 PÔDA AKO IÓNOMENIČ

Ak sa prenikajúce rádionuklidy nachádzajú v pravých

roztokoch, potom, ak nastane adsorpcia, sú deje v pôde prevažne chemickej povahy. Pre sorpciu v pôde je dôležitý predovšetkým obsah hlinitých látok a množstvo humínových kyselín. Pri pieskových pôdach je sorpčná kapacita menšia a závislá predovšetkým od obsahu humusu v pôde. Pôda má schopnosť vo veľkej miere zachytávať vápnik a chemicky príbuzné stroncium, pre nižšiu hydratáciu sa dokonca stroncium zachytáva preferenčne.

Výmenná afinita rôznych iónov je spojená s polomerom iónov a s ich nábojom. Viacmocné ióny sa ľahšie vymieňajú ako jednomocné. Podiel vymeniteľných alkalických iónov a iónov alkalických zemín pri hodnote pH nad 5 je viac ako 95 % všetkých vymeniteľných iónov. Rýchlosť prenikania rádionuklidov do pôdy je závislá v prvom rade od celkovej koncentrácie rádioaktívneho prvku, pH hodnoty prenikajúcich roztokov, ako aj od vlastností a koncentrácie iných iónov a celkovej soľnosti.

Tak isto je významný druh a stav pôdy samotnej - pórovitosť, obsah hlíny, sorpčná a ionexová kapacita, kapilárny účinok, závislosť smeru prúdenia následkom sedimentov, čo ovplyvňuje čas kontaktu, rýchlosť prúdenia, a tým pohyb smerom nadol, a konečne i teplota [16]. Tak isto sú významné fyzikálne vlastnosti roztokov nuklidov, hustota, viskozita a povrchové napätie pre pohyb nuklidov smerom nadol následkom gravitácie. Deje, ktoré vyvolávajú zníženie koncentrácie do pôdy prenikajúcich rádionuklidov, sú najmä deje iónovej výmeny, ako sú napríklad difúzia a hydrodynamická disperzia a napokon i rádioaktívny rozpad.

4.53 Pôda ako zrážadlo

Pôda pôsobí aj ako zrážadlo a viaže takto privádzané rádionuklidy. O rozsahu tejto fixácie a jej príčinách sa

len málo vie. Tento intenzívny spôsob zadržania, ktorý sa predpokladá aj pri sorpcii rádiostroncía z alkalických roztokov s obsahom fosforečnanov na kalcit, za súčasnej tvorby apatítu, je v jednotlivých pôdach veľmi rozdielny a je až 30 %.

Sorpcia rádioaktívnych štiepnych produktov zamedzuje ich pohyb pozdĺž pôdneho profilu a prenikanie do podzemných vôd a zabezpečuje kumuláciu dlhodobých štiepnych produktov v horných vrstvách pôdy. Pri obrábaných pôdach je ohraničená hĺbkou orby a pri lúkach a pastvinách sa nachádza najväčší podiel štiepnych produktov v blízkosti povrchu pôdy.

Početné pokusy dokázali, že najväčší podiel spadu bol v hornej 15 cm vrstve pôdy nezávisle od jej druhu. V hĺbkach 50 cm sa do roku 1961 nenachádzala aktivita zo spadu. Avšak i pri vysokej sorpčnej schopnosti pôdy pre stroncium tento štiepny produkt je v pomalom pohybe smerom nadol. Napriek tomu však bezprostredné ohrozenie podzemnej vody rádioaktívnym spadom nehrozí. Do roku 1962 s výnimkou tritia neboli dokázané produkty spadu v podzemnej vode. V poslednom období sa však v podzemnej vode zistili nepatrné množstvá ^{90}Sr , $^{106}\text{ruténia-ródia}$, $^{90}\text{zirkónu-nióbu}$.

4.6 HODNOTENIE SORPČNÝCH VLASTNOSTÍ PÔD Z HĽADISKA OCHRANY PODZEMNÝCH VÔD

K obohacovaniu podzemných vôd rádioaktívnymi prvkami, ako vyplýva z uvedeného prehľadu, môže dôjsť v podstate ich prechodom z hornín do vody, alebo postupným prenikaním vrstvou pôdy z rádioaktívneho spadu, ako aj presakovaním z povrchových vôd /napr. Dunaj/ o vyššej koncentrácii rádionuklidov. Z literárneho prehľadu, ako aj z našich výsledkov vidieť, že jednotlivé rádionuklidy sa viac alebo menej sorbujujú na pôdach /výnimku tvorí napr. tritium/ a že do podzemných vôd presakujú oveľa pomalšie ako voda, no po-

stupnou desorpciou /napr. dažďovou vodou/ prenikajú čoraz hlbšie a hlbšie a nakoniec dosahujú úroveň podzemných vôd.

Sorpčná schopnosť pôdnych vrstiev voči rádionuklidom predstavuje síce aspoň dočasnú ochranu podzemných vôd, zároveň však v pôde vychytané rádionuklidy sú koreňovým systémom vynášané do rastlín, a tak predstavujú možnosť rádioaktívnej kontaminácie rastlinných a živočíšnych produktov.

Preto i keď vrstva pôdy chráni podzemné vody pred rádioaktívnym nebezpečenstvom, nie je možné vylúčiť v havarijných situáciách jadrových zariadení alebo pri havarijnóm znečistení Dunaja i zvýšenie hladiny rádionuklidov v podzemných vodách Žitného ostrova.

5. SÚČASNÝ STAV RÁDIOAKTIVITY POVRCHOVÝCH A PODZEMNÝCH VÔD ŽITNÉHO OSTROVA

V rokoch 1974-1976 sa vo vzorkách vôd z Dunaja, Malého Dunaja, ako aj podzemných vôd záujmovej oblasti Žitného ostrova stanovili koncentrácie sledovaných rádionuklidov, ktoré sú uvedené v pripojených tabuľkách.

Raz za štvrtrok na stanovenie koncentrácie rádionuklidov sa odobrali vzorky vôd na nasledujúcich odberových miestach:

Dunaj, Bratislava /km 1863/	- pravý breh
Dunaj, Hrušov /km 1841/	- ľavý breh
Dunaj, Komárno /km 1771/	- ľavý breh
Malý Dunaj, Malinovo	- ľavý breh
Malý Dunaj, Komárno	- pravý breh

Odbery vzoriek sa urobili z brehov asi vo vzdialenos-

ti dvoch metrov a 10 cm pod povrchom do polyetylénových nádob s objemom 10 litrov. Vzorka sa použila na stanovenie jednotlivých rádionuklidov.

Okrem toho sa odobrali vzorky podzemných vôd z nasledujúcich vrtov a studní: Zemianska Olča, Šamorín, Dunajská Streda, Gabčíkovo, Hamuliakovo, Čunovo, Hrušov, Šamorín, Vajka, Lehnice, Kalinkovo, Topoľníky, Bratislava-Slovnaft, Janíky, Jelka, Dobrohošť.

Vo všetkých odobratých vzorkách sa stanovovalo:

1. celková alfa aktivita
2. celková beta aktivita
3. obsah rádiostronciuma ^{90}Sr
4. obsah rádiocézia ^{137}Cs
5. obsah rádia
6. obsah uránu

Maximálne prípustné koncentrácie /MPK/ pre pitné a úžitkové vody na základe odporúčaní komisie RVHP sú:

rádiostroncium	$3,7 \text{ Bq} \cdot \text{dm}^{-3}$	/100 $\text{pCi} \cdot \text{l}^{-1}$ /
rádiocézium	$37 \text{ Bq} \cdot \text{dm}^{-3}$	/1000 $\text{pCi} \cdot \text{l}^{-1}$ /
rádium	$0,111 \text{ Bq} \cdot \text{dm}^{-3}$	/3 $\text{pCi} \cdot \text{l}^{-1}$ /
urán	$37 \text{ Bq} \cdot \text{dm}^{-3}$	/1000 $\text{pCi} \cdot \text{l}^{-1}$ /

Pri celkovom hodnotení výsledkov z Dunaja vidieť, že v porovnaní s výsledkami spred 10-15 rokov sa postupne koncentrácia niektorých rádionuklidov zvyšovala, keďže československý úsek Dunaja je v súčasnosti ovplyvnený odpadovými vodami z reaktorov, uránových baní a rádioizotopových pracovísk v Nemeckej spolkovej republike a v Rakúsku [24].

Pri sledovaní rádiolimnologickej charakteristiky je tiež potrebné uvažovať o stále sa meniacom charaktere rieky pozdĺž toku [10], [13], [14]. Nemožno preto aplikovať mechanicky výsledky z jednej oblasti na druhú, ale každú

Celková alfa aktivita vzoriek vôd v rokoch 1974-1976
v Bq.dm⁻³ /pCi.l⁻¹/

Miesto odberu	1974	1975	1976
Dunaj, Bratislava	0,092 /2,5/	0,089 /2,4/	0,078 /2,1/
Dunaj, Hrušov	0,059 /1,6/	0,096 /2,6/	0,070 /1,9/
Dunaj, Komárno	0,081 /2,2/	0,074 /2,0/	0,052 /1,4/
Malý Dunaj, Malinovo	0,070 /1,9/	0,055 /1,5/	0,048 /1,3/
Malý Dunaj, Kolárovo	0,059 /1,6/	0,074 /2,0/	0,067 /1,8/

Celková beta aktivita vzoriek vôd v rokoch 1974-1976
v Bq.dm⁻³ /pCi.l⁻¹/

Miesto odberu	1974	1975	1976
Dunaj, Bratislava	0,218 /5,9/	0,311 /8,4/	0,429 /11,6/
Dunaj, Hrušov	0,226 /6,1/	0,311 /8,4/	0,363 /9,8/
Dunaj, Komárno	0,244 /6,6/	0,311 /8,4/	0,411 /11,1/
Malý Dunaj, Malinovo	0,178 /4,8/	0,303 /8,2/	0,451 /12,2/
Malý Dunaj, Kolárovo	0,178 /4,8/	0,458 /12,1/	0,458 /12,1/

Koncentrácia uránu vo vzorkách v rokoch 1974-1976
v Bq.dm⁻³ /pCi.l⁻¹/

Miesto odberu	1974	1975	1976
Dunaj, Bratislava	0,015 /0,4/	0,022 /0,6/	0,033 /0,9/
Dunaj, Hrušov	0,018 /0,5/	0,018 /0,5/	0,030 /0,8/
Dunaj, Komárno	0,022 /0,6/	0,022 /0,5/	0,044 /1,2/
Malý Dunaj, Malinovo	0,018 /0,5/	0,033 /0,9/	0,037 /1,0/
Malý Dunaj, Kolárovo	0,018 /0,5/	0,037 /1,0/	0,030 /0,8/

Koncentrácia rádiostroncia ^{90}Sr vo vzorkách vôd
v rokoch 1974-1976 v $\text{Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ / $\text{pCi}\cdot\text{l}^{-1}$ /

Miesto odberu	1974	1975	1976
Dunaj, Bratislava	0,015 /0,4/	0,015 /0,4/	0,018 /0,5/
Dunaj, Hrušov	0,011 /0,3/	0,022 /0,6/	0,015 /0,4/
Dunaj, Komárno	0,015 /0,4/	0,018 /0,5/	0,018 /0,5/
Malý Dunaj, Malinovo	0,015 /0,4/	0,016 /0,4/	0,026 /0,7/
Malý Dunaj, Kolárovo	0,015 /0,4/	0,015 /0,4/	0,018 /0,5/

Koncentrácia rádiocézia ^{137}Cs vo vzorkách vôd
v rokoch 1974-1976 v $\text{Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ / $\text{pCi}\cdot\text{l}^{-1}$ /

Miesto odberu	1974	1975	1976
Dunaj, Bratislava	0,018 /0,5/	0,018 /0,5/	0,026 /0,7/
Dunaj, Hrušov	0,018 /0,5/	0,022 /0,6/	0,033 /0,9/
Dunaj, Komárno	0,011 /0,3/	0,022 /0,6/	0,030 /0,8/
Malý Dunaj, Malinovo	0,011 /0,3/	0,007 /0,2/	0,026 /0,7/
Malý Dunaj, Kolárovo	0,015 /0,4/	0,011 /0,3/	0,026 /0,7/

Koncentrácia rádia vo vzorkách vôd v rokoch 1974-1976
v $\text{Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ / $\text{pCi}\cdot\text{l}^{-1}$ /

Miesto odberu	1974	1975	1976
Dunaj, Bratislava	0,015 /0,4/	0,018 /0,5/	0,052 /1,4/
Dunaj, Hrušov	0,018 /0,5/	0,015 /0,4/	0,044 /1,2/
Dunaj, Komárno	0,022 /0,6/	0,015 /0,4/	0,033 /0,9/
Malý Dunaj, Malinovo	0,011 /0,3/	0,015 /0,4/	0,055 /1,5/
Malý Dunaj, Kolárovo	0,015 /0,4/	0,018 /0,5/	0,048 /1,3/

Koncentrácia jednotlivých rádionuklidov v Bq.dm⁻³ /pCi.l⁻¹/ vo vzorkách podzemných
vôd odoberatých v rokoch 1974-1976 v záujmovej oblasti Žitného ostrova

22

Miesto odberu	Celková aktivita				
	alfa	beta	Rádiostroncium	Rádiocézium	Rádium
Zem. Olča	0,089 /2,4/	0,181 /4,9/	0,033 /0,9/	0,004 /0,1/	0,041 /1,1/
Šamorín	0,011 /0,3/	0,218 /5,9/	0,030 /0,8/	0,007 /0,2/	0,004 /0,1/
Dun. Streda	0,070 /1,9/	0,377 /10,2/	0,026 /0,7/	0,018 /0,5/	0,022 /0,6/
Gabčíkovo, studňa	0,063 /1,7/	0,118 /3,2/	0,004 /0,1/	0,004 /0,1/	0,059 /1,6/
Hamuliakovo, studňa	0,085 /2,3/	0,178 /4,8/	0,004 /0,1/	0,004 /0,1/	0,096 /2,6/
Čunovo HSL 1	0,107 /2,9/	0,315 /8,5/	0,004 /0,1/	0,018 /0,5/	0,074 /2,0/
Hamuliakovo č. 61	0,007 /0,2/	0,363 /9,8/	0,022 /0,6/	0,033 /0,9/	0,004 /0,1/
Čunovo PZ 31 D	0,104 /2,8/	0,252 /6,8/	0,030 /0,8/	0,022 /0,6/	0,078 /2,1/
Hrušov	0,096 /2,6/	0,218 /5,9/	0,007 /0,2/	0,011 /0,3/	0,044 /1,2/
Šamorín, záhradníctvo	0,126 /3,4/	0,622 /16,9/	0,026 /0,7/	0,007 /0,2/	0,078 /2,1/
Vajka	0,015 /0,4/	0,255 /6,9/	0,015 /0,4/	0,022 /0,6/	0,011 /0,3/
Lehnice	0,081 /2,2/	0,159 /4,3/	0,004 /0,1/	0,004 /0,1/	0,052 /1,4/
Kalinkovo	0,067 /1,8/	0,141 /3,8/	0,004 /0,1/	0,004 /0,1/	0,081 /2,2/
Gabčíkovo	0,055 /1,5/	0,074 /2,0/	0,015 /0,4/	0,004 /0,1/	0,004 /0,1/
Topoľníky	0,107 /2,9/	0,969 /26,2/	0,007 /0,2/	0,011 /0,3/	0,074 /2,0/
Slovnaft	0,048 /1,3/	0,100 /2,7/	0,004 /0,1/	0,004 /0,1/	0,067 /1,8/
Janfky	0,085 /2,3/	0,222 /6,0/	0,004 /0,1/	0,004 /0,1/	0,063 /1,7/
Jelka	0,078 /2,1/	0,178 /4,8/	0,004 /0,1/	0,004 /0,1/	0,055 /1,5/
Dobrohošť	0,037 /1,0/	0,233 /6,3/	0,011 /0,3/	0,018 /0,5/	0,026 /0,7/

situáciu treba skúmať osobitne. V podstate pri skúmaní rádioaktivity povrchových a najmä podzemných vôd ide o dlhodobejší program sledovania rádionuklidov [22], [23], [25].

Z hodnôt celkovej beta aktivity vzoriek z Dunaja za posledných desať rokov vidieť vzostupnú tendenciu jej hladiny. Keďže prakticky prestal vplyv atmosferického spađu z termionukleárnych zbraní /výnimku tvoria ojedinelé čínske pokusy/, ktorý v predchádzajúcich rokoch bol sezónne veľmi výrazný, treba toto zvýšenie pripísať predovšetkým jadrovej energetike vybudovanej v hornej časti povodia Dunaja [9].

Taktiež vo vzorkách vôd z Malého Dunaja hladina celkovej beta aktivity je vyššia ako v predchádzajúcich rokoch, avšak nepresahuje maximálne prípustnú koncentráciu. Zvýšenú hladinu celkovej beta aktivity najmä v poslednom roku možno pripísať aj mimoriadne nízkym hladinám povrchových vôd v roku 1976 následkom veľkého sucha.

V niektorých vzorkách podzemných vôd /napr. Topoľníky, Šamorín/ je pomerne vysoká hladina celkovej beta aktivity, avšak v týchto vzorkách sme zistili aj zvýšenú koncentráciu ^{40}K .

Koncentrácia rádiostroncia vo vzorkách vody z Dunaja a Malého Dunaja je oveľa nižšia ako MPK pre pitné a úžitkové vody. Taktiež i hodnoty rádiocézia sú podstatne nižšie. Ich hladiny však vykazujú v roku 1976 vyššie hodnoty ako v roku 1974, čo je pravdepodobne zapríčinené nízkou hladinou Dunaja a Malého Dunaja následkom mimoriadneho sucha, ktoré bolo v tomto roku.

Taktiež hladiny rádiocézia a rádiostroncia vo vzorkách podzemných vôd v záujmovej oblasti Žitného ostrova vykazujú podstatne nižšie hodnoty, ako je MPK pre pitné vody. Ako

však z niektorých hodnôt vyplýva, rádioizotopy stroncia i cézia aj pri ochrannom pôsobení pôdy dosiahli v niektorých prípadoch hladiny podzemných vôd. Aj keď naše pokusy so sorpčnými vlastnosťami pôd zo záujmovej oblasti Žitného ostrova nasvedčujú dobrým sorpčným schopnostiam tejto pôdy na rádiostroncium a rádiocéziu, nesmieme podceňovať prípadný vznik havarijných situácií na Dunaji. Pri schvaľovaní vybudovania jadrových zariadení musíme dôkladne uvážiť a zabezpečiť sa proti všetkým možným havarijným situáciám tak, aby sa predišlo možnosti kontaminácie podzemných vôd Žitného ostrova.

6. ZÁVER

Zaiste nie je potrebné zdôrazňovať potrebu pitnej vody pre obyvateľstvo a úžitkovej vody pre priemysel a závlahové hospodárstvo. Túto potrebu si uvedomujeme najmä teraz, keď priemyselné a komunálne odpadové vody znečisťujú rastúcou mierou zásoby vody. Treba však poukázať na skutočnosť, že azda najzávažnejšie znečistenie vôd je práve znečistenie rádioizotopmi.

V súčasnosti vstupuje Československo do éry priemyselného využitia jadrovej energie, čo vyžaduje, aby vodohospodári venovali problematike rádioaktívneho znečistenia patričnú pozornosť. Rádiochemická analýza a dozimetrická kontrola musia sa stať zložkou rutinného rozboru vôd pre včasné poznanie prípadnej rádioaktívnej kontaminácie vodných zdrojov a pre realizáciu potrebných ochranných opatrení. Výsledky z týchto rozborov musia byť jednými z kritérií aj pri voľbe nového vodného zdroja.

Pri hodnotení koncentrácie rádionuklidov vzoriek z Dunaja možno konštatovať, že dosiahnuté hodnoty sú nižšie ako maximálne prípustné koncentrácie. Chceme však upozorniť

na to, že koncentrácie niektorých parametrov sa za posledných 10-15 rokov postupne zvyšujú. Sú to najmä rádionuklidy, ktoré sa dostávajú do povodia Dunaja vplyvom prevádzky jadrových energetických zariadení, odpadových vôd z uránových baní a rádioizotopových pracoviísk v Nemeckej spolkovej republike a v Rakúsku. Vzhľadom na to, že v povodí hornej časti Dunaja sú vo výstavbe a taktiež plánujú sa postaviť ďalšie jadrovo-energetické zariadenia a závod na regeneráciu jadrového paliva, čo je pre československý úsek Dunaja zvlášť významné, treba otázke rádioaktivity Dunaja venovať i v budúcnosti pozornosť [15], [19], [21].

Rádioaktivita vzoriek Malého Dunaja neprekročila MPK pre pitné a úžitkové vody. Obsahy rádionuklidov v odobra- tých vzorkách podzemných vôd v záujmovej oblasti Žitného ostrova vykazujú podstatne nižšie hodnoty, ako sú maximálne prípustné koncentrácie pre pitné a úžitkové vody. I keď naše pokusy so sorpčnými vlastnosťami pôdy v záujmovej o- blasti Žitného ostrova boli priaznivé, obsahy rádiostron- cia a rádiocézia v niektorých vzorkách podzemných vôd Žit- ného ostrova nasvedčujú tomu, že tieto štiepne produkty buď z rádioaktívneho spadu, alebo z infiltrovaných vôd Du- naja dosiahli v tejto oblasti hladiny podzemných vôd. Ne- smieme preto podceňovať prípadný vznik havarijných situá- cií na Dunaji a pri schvaľovaní projektov jadrových zaria- dení musíme dôkladne zvážiť, či ich výstavba vzhľadom na ich dlhodobú prevádzku a súčasnú technológiu nezapríčiní kontamináciu podzemných vôd Žitného ostrova.

Prítomnosť rádiostroncía a rádiocézia už v malých kon- centráciách v niektorých vzorkách podzemných vôd v záujmo- vej oblasti Žitného ostrova nasvedčuje, že i dobrá sorp- čná vlastnosť pôdy v tejto oblasti síce spomaľuje, ale ne- zabráňuje prenikaniu umelých rádionuklidov do podzemných vôd.

Chceme zdôrazniť, že táto naša práca i praktická činnosť v teréne má na zreteli i uznesenie XV. zjazdu KSČ, ktoré pracovníkom vo vodnom hospodárstve ukladá zabezpečiť dostatok nezávadnej a úžitkovej vody pre obyvateľstvo. Preto musíme prispieť k tomu, aby sme zabránili znečisteniu vodných zdrojov, vrátane znečistenia rádionuklidmi.

LITERATÚRA

- [1] BENEŠ, J. - DLOUHÝ, Z.: Záchyt rádioaktívnych látok na pôdach - vlastnosti československých pôd. = "Jaderná energie", 18, 7, 1972, 229-232.
- [2] BENEŠ, J. - DLOUHÝ, Z.: Sorpcia ^{137}Cs a ^{90}Sr na československých pôdach za prítomnosti konkurenčných iónov. = "Jaderná energie", 18, 9, 1972, 312-315.
- [3] CARD, T.R. - JANSEN, G.: Solubility of elements in U.S. western desert ground water and comparison with chemical and radiological concentration limits for drinking water. = "FEB", 53, 1975, 378-382.
- [4] COMAR, C.L.: Movement of fallout radionuclides through the biosphere and man. = "Ann. Review of Nuclear Science", 15, 1975, 175-206.
- [5] CSUPKA, Š.: Štúdium sorpcie ^{137}Cs na pôdny sorpčný komplex za roky 1964-1970. = "Poľnohospodárstvo", 20, 2, 1974, 114-122.
- [6] CSUPKA, Š.: Vplyv pôdy na príjem ^{90}Sr rastlinami. = "Rastlinná výroba", 21, 1, 1975, 99-107.
- [7] CSUPKA, Š. - PETRÁŠOVÁ, M.: Soderžaniye ^{90}Sr i ^{137}Cs v počve, chlebných u kormovych kulturach i v moloke v 1963-1970 g. = "Atomnaja energija", 36, 3, 1974, 226-227.

- [8] DUNICAN, E.P. - FRANCIS, C.W.: Adsorption and desorption of ^{60}Co , ^{85}Sr and ^{137}Cs on soil humic acid. = "Soil Science", 114, 1972, 494-496.
- [9] FRANTZ, A.: Die Radioaktivität in der Donau. = 14. Arbeitstagung der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung /SIL/, Budapest 1971.
- [10] GEDEONOV, L.I.: O radioaktivnosti Dunaja. = 9. zasadnutie Koordinačnej rady pre rádioaktivitu, ra-odpady a dezaktiváciu /KVTR 1-3/, Moskva 1975.
- [11] GRZIBOWSKA, P.: ^{144}Ce , ^{144}Pr , ^{137}Cs and ^{90}Sr content in soil in Poland in the year 1964. = Report NoClor 6310, 1967.
- [12] HÄKKINEN, N. - LAKANEN, L.: Strontium - 90 and caesium - 137 in some Finnish soil profiles. = "Ann. Agric. Fenn.", 7, 1968, 123-126.
- [13] IONESCU, V.: General report on systematic research and measurement of the Danube and Danube catchment area radioaktiv in Romania. = IAEA Advisory Group Meeting to Study Questions of Mutual Cooperation Between Countries in the Danube Catchment Area, Beograd 1975.
- [14] KELEMEN, L. - DAVID, L.: Observation and research programme on radioactive pollution in the Danube. = IAEA Advisory Group Meeting to Study Questions of Mutual Cooperation Between Countries in the Danube Catchment Area, Beograd 1975.
- [15] KORTUS, J. - MANSFELD, A. - MAYER, J. - PANOCOVÁ, V.: Radioekological problems of the Czechoslovak section of the Danube river. = IAEA Advisory Group Meeting to Study Questions of Mutual Cooperation Between Countries in the Danube Catchment Area, Beograd 1975.

- [16] KULIKOV, N. - PISKUNOV, L.I. O roli rastenii v vertikálnoej migracii stroncia 90 i cezija 137 v počve. = "Agrochimija", 7, 1970, 115-121.
- [17] KUNISHI, M.H. - TAYLOR, A.W.: Immobilization of radiostroncium in soil by phosphate addition. = "Soil Science", 113, 1972, 1-6.
- [18] LITYNSKI, I. - DOMNICZ, A.: Skazenie ⁹⁰Sr gleb Polski. = "Roczn. Gleboz.", 18, 1967, 43-45.
- [19] MAYER, J.: Radiačné zafaženie obyvatelstva z Dunaja ako zdroja úžitkovej a pitnej vody. Záv. správa, VÚVH Bratislava, 1975.
- [20] MAYER, J. - KORTUS, J. - PANOCOVÁ, V.: Výskum prirodzenej a umelej rádioaktivity v povrchovej a podzemnej vodách. TEŠ, VÚVH Bratislava, 1975.
- [21] MAYER, J. - KORTUS, J. - PANOCOVÁ, V.: Radioaktivnaja kontaminacija čechoslovackogo učastka Dunaja. = 9. zasadnutie Koordinačnej rady pre ra-odpady a dezaktiváciu /KVTR 1-3/, Moskva 1975.
- [22] OTTENDORFER, L.J.: Radiological Monitoring and Environmental Protection in Austria. = IAEA Advisory Group Meeting to Study Questions of Mutual Cooperation Between Countries in the Danube Catchment Area, Beograd 1975.
- [23] RADOSAVLJEVIČ, R. - TASOVAC, I.: Die Untersuchung der Radioaktivität der Donau. = "Arch. Hydrobiol. Suppl.", 36, 4, 1971, 402-404.
- [24] RUF, M.: Radioactive Waste release from Nuclear Power Plants into the Upper Danube. IAEA report PL-566, 1973.
- [25] TASOVAC, T. - RADOSAVLJEVIČ, R. - ZARIČ, M.: Influence of the changes of hydrological conditions on the be-

haviour of radionuclide and trace constituents in the Danube river in Yugoslavien. = IAEA Advisory Group Meeting to Study Questions of Mutual Cooperation Between Countries in the Danube Catchement Area, Beograd 1975.



Ing. JOZEF KORTUS, CSc. - Ing. JÁN MAYER, CSc.

RÁDIOAKTIVITA VÓD ŽITNÉHO OSTROVA

Výskumný ústav vodného hospodárstva, edícia Informácie č. 51
● Vydala Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p., Bratislava, Hurbanovo nám. 3, v roku 1978 ako svoju 6607. publikáciu ● Zodpovedná redaktorka Jarmila Elznicová, odborný redaktor Ing. Vladimír Stankovič, CSc. ● Rozsah 1,26 AH, 1,34 VH ● Fototlač Výskumný ústav vodného hospodárstva v Bratislave ● Náklad 150 výtlačkov ● 63-057-78 ●