


URANPRES, s.r.o Spišská Nová Ves
ÚSTAV PREVENTÍVNEJ A KLINICKEJ MEDICÍNY, Bratislava
GEOCOMPLEX a.s., Bratislava
C & S RADÓN s.r.o., Spišská Nová Ves

I. KONFERENCIA



RÁDIOAKTIVITA V ŽIVOTNOM PROSTREDÍ

Zborník

Spišská Nová Ves
21. - 22. október 1997

„Problematika životného prostredia je veľmi široká a zložitá. Zasahuje do všetkých oblastí ľudskej činnosti. Rovnako je to i s rádioaktivitou, ktorá ako jeden z faktorov ovplyvňuje životné prostredie, ale súčasne je využívaná v mnohých odboroch ľudskej činnosti, najmä však v energetike. V poslednom období na území Slovenskej republiky bolo riešených veľa úloh v súvislosti s rádioaktivitou. Preto pri príležitosti 5. výročia konferencie OSN o životnom prostredí a rozvoji (UNCED), ktorá sa uskutočnila v roku 1992 v Rio de Janeiro, uskutočňuje sa I. konferencia na území Slovenskej republiky, ktorá je zameraná na rádioaktivitu v životnom prostredí. Cieľom tejto konferencie je podať pravdivý odborný obraz o rádioaktivite na území Slovenskej republiky, predložiť výsledky riešených úloh a zvýšiť environmentálne vedomie nielen odbornej, ale i laickej verejnosti. K uvedenému majú prispieť prednášky a postery zúčastnených riešiteľských organizácií.“

Konferencia je organizovaná pod záštitou Ing. Jozefa Zlochu, ministra životného prostredia Slovenskej republiky.

Konferenciu organizuje:

URANPRES, s.r.o. Spišská Nová Ves
C&S Radón, s.r.o. Spišská Nová Ves
Geocomplex, a.s. Bratislava
Ústav preventívnej a klinickej medicíny Bratislava

za spoluúčasti:

Slovenskej geologickej spoločnosti
Slovenskej banickej spoločnosti
a Spoločnosti nukleárnej medicíny a radiačnej hygieny Slovenskej lekárskej spoločnosti

Garant konferencie:

RNDr. Karol Együd - riaditeľ sekcie geológie a prírodných zdrojov MŽP SR Bratislava

Organizačný výbor konferencie:

Ing. Jozef Daniel - URANPRES, s.r.o. Spišská Nová Ves - predseda organ, výboru
RNDr. Ladislav Andor - riaditeľ odboru geologických faktorov, MŽP SR Bratislava
RNDr. Peter Čížek - C&S Radón, s.r.o. Spišská Nová Ves
Doc. RNDr. Jozef Lanc, CSc. - Geocomplex, a.s. Bratislava
Ing. Ladislav Lučivjanský - URANPRES, s.r.o. Spišská Nová Ves
RNDr. Denisa Nikodémová, CSc. - Ústav preventívnej a klinickej medicíny Bratislava
RNDr. Helena Smolařova - C&S Radón, s.r.o. Spišská Nová Ves

Organizačný tajomník konferencie:

Erika Lehotská - URANPRES, s.r.o. Spišská Nová Ves

Organizačný výbor, sponzori a všetci, ktorí pomohli uskutočniť túto konferenciu si želajú, aby sme deťom a vnukom zanechali životné prostredie čistejšie a priaznivejšie ako je v súčasnej dobe s vedomím, že ekologické problémy nepoznajú štátne, ani politické hranice.

Spišská Nová Ves, 21.-22. októbra 1997

OBSAH

PRÍHOVOR P. MINISTRA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR (J. Zloclia)	
AKTIVITY MŽP V OBLASTI PRÍRODNEJ RÁDIOAKTIVITY (L. Andor, P. Spusta)	4
LEGISLATIVA ČR V OBLASTI PRÍRODNÝCH ZDROJŮ ZÁŘENÍ A VÝSLEDKY RADONOVÉHO PROGRAMU V ČR (Thomas)	7
SPOLEHLIVOST A ODCHYLKY DAT GAMA ZÁŘENÍ (Milan Matolin)	10
POZAŘOVÉ KONCENTRACE TRITIA V POVRCHOVÝCH VODÁCH PŘED SPUŠTĚNÍM JADERNÉ ELEKTRÁRNY TEMELÍN (Milan Tomáček, Ludmila Wilhelmová)	13
PRÍRODNÁ RÁDIOAKTIVITA HORNÍN (J. Daniel, M. Stercz, S. Daniel)	16
HODNOTENIE RADONOVÉHO RIZIKA Z GEOLOGICKÉHO PODĽOŽIA MIEST S POČTOM OBYVATEĽOV NAD 10 000 A OKRESNÝCH MIEST S VYSOKÝM A STREDNÝM RADONOVÝM RIZIKOM (J. Bezák)	19
PRÍRODNÁ RÁDIOAKTIVITA VŮD SLOVENSKEJ REPUBLIKY (Lučivjanský)	23
MAPY RADONOVÉHO RIZIKA MESTSKÝCH AGLOMERÁCIÍ BRATISLAVY A KOŠÍC (J. Hricko)	27
PRÍRODNÁ A UMELÁ RÁDIOAKTIVITA VEĽKEJ BRATISLAVY (J. Lane)	31
TRENDY RIEŠENIA RADÓNovej PROBLEMATIKY V POBYTOVÝCH PRIESTOROCH (M. Vičanová)	34
DŮLEŽITOST STANOVENIA RADONOVÉHO RIZIKA PLOCHY ZÁSTAVBY PŘED VÝSTAVBOU KAŽDEJ OBYTNEJ BUDOVY (LPinterM.Vičanová)	38
SLEDOVANIE VÝSKYTU RADÓNU V PODZEMNÝCH PRACOVNÝCH PRIESTOROCH (M. Vičanová, M. Ďurčik, DJJikodemová)	42
RADON RISK IN ORE MINERS (Milan Beňo)	46
VÝSLEDKY TROJROČNÉHO KONTINUÁLNEHO MONITOROVANIA OBJEMOVEJ AKTIVITY ²²² Rn V PŮDNOM VZDUCHU A PRÍSTUPY K INTERPRETÁCI JEJ VARIÁCIÍ (K. Holý, R. Böhm, M. Matoš, A. Polášková, O. Holá)	49
PROSPEKCI A RADÓNU V PŘEDŠKOLSKÝCH ZARIADENIACH A JEJ DŮSLEDKY (M. Ďurčik, M. Vičanová a D. Nikodémova)	52
RADIAČNÁ MONITOROVACIA SIETĚ SLOVENSKEJ REPUBLIKY V PODMIENKACH SHMÚ (P. Valová)	56
PRÍRODNÁ A VYVOLANÁ RÁDIOAKTIVITA V OKOLÍ JADROVEJ ELEKTRÁRNE MOCHOVCE ČASŤ: PRÍRODNÁ RÁDIOAKTIVITA (J. Maliarova, J. Daniel, Lučivjanský)	59
ČASŤ: VYVOLANÁ RÁDIOAKTIVITA (Štefan Grúbel, Alexander Szabó)	62
MONITOROVACÍ PROGRAM OKOLIA JADROVEJ ELEKTRÁRNE SE-EBO (Dobiš Lubomír, Košťál Juuraj)	65
VYUŽITIE IONIZUJÚCEHO ŽIARENIA PRI OCHRANE ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA (J. Kuruc)	68
NOVÝ TYP DETEKTORA RADÓNU S AKTÍVNÝM UHLÍM (Miroslav Kubů)	71
POUŽITIE RÁDIOGRAFICKÝCH METÓD PRI ŠTÚDIU HORNÍN (Igor Rojkovič)	72
RÁDIOAKTIVITA STAVEBNÝCH MATERIÁLOV A RADIAČNÁ ZÁŤAŽ OBYVATEĽSTVA (H. Cabáneková)	75
POUŽITIE SYSTÉMU PLATON PRI VÝSTAVBE A REKONŠTRUKCII TUNELOV (Milan VASKA)	78
ZAVEDENIE NOVÝCH SEPARAČNÝCH METÓD PRE STANOVENIE VYBRANÝCH RÁDIONUKLIDOV VO VZORKÁCH ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA (Lubomír Mátel)	80
MOŽNOSTI VYCHYTÁVANÚ PLUTÓNIA Z ODPADOVÝCH VŮD PRÍRODNÝMI SORBENTAMI (N. Patzeltová, P. Lukáč)	81
PRÍSPEVOK K STAVU RÁDIOAKTÍVNEJ KONTAMINÁCIE ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA NA SLOVENSKU A POROVNANIE S MINULOSŤOU (RNDr. Lubomír Čechvala, Ing. Anna Ondrušková)	83
RÁDIOAKTÍVNE MINERÁLY NA SLOVENSKU (Igor Rojkovič)	85
VPLYV ZMIEN NIEKTORÝCH METEOROLOGICKÝCH PARAMETROV POČAS DŇA NA RÁDIOAKTIVITU HORNINOVÉHO PROSTREDIA (A. Mojžeš)	88
ODVODENÉ MAPY RADONOVÉHO RIZIKA SLOVENSKEJ REPUBLIKY (Čížek Peter, Smolařova Helena)	89
RADONOVÝ PROGRAM NA SLOVENSKU, DOTERAJŠIE SKÚSENOSTI, PERSPEKTÍVY A LEGISLATÍVA (D. Nikodémova, M. Vičanová, M. Ďurčik)	91
POSTERY A REKLAMY	94

VYUŽITIE IONIZUJÚCEHO ŽIARENIA PRI OCHRANE ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

J. Kuruc²²

1. Úvod

Pri súčasnom rýchlom rozvoji priemyslu a poľnohospodárstva vznikajú problémy spojené s čistením priemyselných a komunálnych odpadových vôd, plyných exhalátov atď. Vážny problém predstavujú kyslé dažde, vznik ktorých je podmienený oxidami dusíka a síry. Alternatívnou metódou riešenia týchto environmentálnych problémov môže byť použitie radiačnochemických metód.

Rádiolýza sústavy vedie ku vzniku reaktívnych intermediátov (elektrónov, radikálov, iónov, excitovaných molekúl), ktoré iniciujú deštrukciu polutantov (oxidačno-redukčnými reakciami, deštrukciou organických látok, odfarbovanie farbív, vznik sedimentov), súčasne má sterilizujúci účinok.

V súčasnosti výskum a technologický vývoj sa uskutočňuje v nasledovných smeroch: a) radiačná úprava prírodnej a pitnej vody; b) radiačné čistenie priemyselných kvapalných odpadov; c) radiačné spracovanie sedimentov odpadových vôd a d) radiačné čistenie plyných exhalátov.

Využitiu ionizujúceho žiarenia pri riešení environmentálnych problémov bolo venovaných niekoľko špecializovaných konferencií [26, 36, 27, 28, 37, 2, 17] a boli publikované prehľadné práce zaoberajúce sa napríklad radiačným zneškodňovaním kvapalných odpadov [7], čistením vody od organických polutantov [6, 38], dezinfekcii vody žiarením [21], problémom vzťahu radiačnej chémie a ochrane životného prostredia [11]. Okrem toho boli publikované monografie o radiačnom čistení vody [9], radiačno-polymerizačnom spracovaní priemyselných výtokov [31], radiačnej dezinfekcii prírodných a odpadových vôd [34], radiačnom spracovaní odpadových vôd poľnohospodárskych komplexov [40], technológii radiačného čistenia odpadových vôd [10, 29], čisteniu výpustných plynov [3, 12], a obecným problémom použitia ionizujúceho žiarenia na čistenie odpadov [23, 24].

2. Zdroje ionizujúceho žiarenia

V technológii radiačného čistenia sa využívajú izotopové zdroje ^{60}Co a v menšej miere ^{137}Cs (s aktivitou až $3,7 \cdot 10^{16}$ Bq) a urýchľovače elektrónov s energiou okolo 2 MeV a výkonom zväzku až 80-100 kW, resp. až 500 kW pri 0,3 MeV. Perspektívnejšími sa ukazuje použitie urýchľovačov elektrónov pre ich bezpečnejšiu prevádzku a efektívnejšie využitie energie, než v izotopových zdrojoch.

3. Radiačná úprava prírodnej a pitnej vody

Pre prírodnú a znečistenú pitnú vodu je charakteristická relatívne nízka koncentrácia znečisťujúcich látok a nízka hladina infekcie. Z tohoto dôvodu radiačné čistenie si vyžaduje relatívne nízke dávky žiarenia. Na očistenie a dezinfekciu prírodnej vody je dostatočná dávka okolo 1 kGy [12]. Bola taktiež vypracovaná [4] bezreagentná dvojstupňová schéma čistenia a dezinfekcie prírodnej vody. Najprv sa odstraňujú pevné častice mikrofiltráciou a následne sa ožaruje voda. Bolo zistené [5], že komunálnu odpadovú vodu možno dezinfikovať dávkami 0,4-0,5 kGy. Intenzívne bola študovaná radiačná degradácia toxických a kancerogénnych chlórovaných organických látok, vznikajúcich chlóráciou vody obsahujúcej humínové látky [33]. Širšie bola aplikovaná radiačná regenerácia vodných zdrojov znečistených biologickými procesmi, v ktorých sa zúčastňujú baktérie a Fe(II) a Mn(II), v dôsledku ktorých sedimentujú nerozpustné produkty hydrolyzy, čo vedie k "upchávaniu" a "starnutiu" studní. Dávky 0,25-0,4 kGy predlžujú životnosť studní dvojnásobne i viac [41].

4. Radiačné čistenie priemyselných odpadových vôd

Priemyselné odpadové vody sa vyznačujú rôznorodosťou polutantov a ich vyššími koncentraciami. Niektoré z nich sú toxické a ťažko degradovateľné (napr. farbivá, kyanidy, soli ortute, bizmutu, fenoly a pod.). Čistenie takých odpadov si vyžaduje vyššie dávky - desiatky kGy i viac. Zníženie dávky sa dosahuje použitím kombinovaných metód čistenia.

²² Doc.RNDr. Jozef KURUC, CSc., Katedru jadrovej chémie, Irirodovedeckái fakulta, Univerzita Komenského, 84215 Bratislava; tel.: 07-796233, fax: 07:724685, e-mail: JOZEF.KURUC@fns.uniba.sk

Ku kombinovaným metódam čistenia priemyselných odpadových vôd patria:

- *radiačne-flotačné čistenie* (predbežná flotácia s prítomnosťou povrchovoaktívnej látky; radiačno-chemická redukcia rozpustnej ortute γ -ožiarením dávkou 1 kGy a následná flotácia nerozpustných foriem ortute [18];
- *radiačne-polymerizačné čistenie*: po ožiarení vodných roztokov obsahujúcich monomer prebieha jeho polymerizácia, pričom nerozpustný polymér sedimentuje zachytávajúc iné prímеси [113];
- *radiačn-koagulačná metóda*: po pridaní koagulantu (napr. síranu železitého) a následnom ožiarení sa usadzujú produkty rádiolytického rozkladu [35];
- *radiačne-adsorpčná metóda*: prímеси (napr. pesticídy) sa adsorbujú z vody na aktívnom uhlí, ktoré sa kontinuálne ožaruje [114];
- *radiačne-elektrodialýzna metóda*: odpadová voda opakovane cirkuluje cez zväzok elektrónov a elektrodialyzátor, čím sa efektívnosť v porovnaní s radiačnou metódou zvyšuje 2,5-10 násobne [25];
- *termoradiačná metóda*: súčasné nahrievanie a ožarovanie pri dezinfekcii odpadov a sedimentov odpadových vôd obsahujúcich spóry, bunky, vírusy a enzýmy, až 30-násobne skracuje potrebnú dobu čistenia [30];
- *radiačne-ozónová metóda*: synergetický efekt sa dosahuje súčasným pôsobením žiarenia a ozónu; vhodná je na degradáciu nenasýtených látok [34];
- *radiačne-biologická metóda*: bola priemyselne aplikovaná pri čistení odpadových vôd zo závodu na výrobu syntetického kaučuka; po radiačnom spracovaní sa odpadová voda dočisťuje biologicky;
- *radiačné spracovanie hnojovice*: používa sa na sterilizáciu veľkých množstiev kvapalných odpadov znečistených exkrementami živočíchov [8, 39]. Metóda však vyžaduje vysoké dávky žiarenia (viac ako 25 Gy). Dávku možno znížiť prídávaním chemických dezinfikátorov (chlóru, ozónu, amoniaku a iné) alebo sensibilizátorov (napr. KC1) [32].

Okrem uvedených metód sa vyvíjajú aj ďalšie metódy, napr. na odstraňovanie fenolov z petrochemických odpadových vôd [19], odpadových vôd znečistených ťažko degradovateľným nitrobenzénom [16] a iné. Bolo aplikované spracovanie nemocničných a leštičných odpadov γ -žiarením [1]. Cieľom radiačného spracovania nemocničných odpadov je ich dezinfekcia. V súčasnosti sa takéto zariadenie používa na ožarovanie infekčných nemocničných odpadov v USA. Jedno relatívne nevelké ožarovacie zariadenie môže spracovať odpady zo všetkých nemocníc mesta s obyvateľstvom 1 milión ľudí a veľké zariadenie - odpady nemocníc mesta s počtom obyvateľstva až 5 miliónov ľudí.

5. Výpustné plyny

V súčasnosti sa najintenzívnejšie rozvíja použitie radiačnej technológie pre riešenie ekologických problémov spojených s čistením výpustných plynov od SO_2 a NO_x . Výpustné plyny tepelných elektrární, ktoré spaľujú mazut, plyn a uhlie, pece na spekanie železných rúd a na spaľovanie smetí, závodov na spracovanie cínu atď. obsahujú veľké množstvo týchto exhalátov. V atmosfére sa SO_2 a NO_x v dôsledku fotochemických reakcií menia na vyššie oxidy, z ktorých vznikajú kyseliny sírová a dusičná. Tieto spôsobujú kyslé dažde. Výskum a vývoj ukázal, že ožiarenie výpustných plynov zväzkami elektrónov možno použiť na ich čistenie. Prvé experimenty v tomto smere uskutočnili japonskí autori v r. 1970-1971 [15, 16]. Bolo zistené, že ožiarenie výpustných plynov zväzkom elektrónov dovoľuje odstrániť prímеси SO_2 a NO_x súčasne. Bolo zistené [16], že prídanie amoniaku podmieňuje vznik suchého práškovitého produktu, ktorý je zmesou $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a NH_4NO_3 . Tento produkt možno použiť ako poľnohospodárske hnojivo. V súčasnosti sa tento proces sa nazýva "Ebaraprocess" (podľa názvu japonskej firmy "Ebara Co.", ktorá zostrojila a uviedla do prevádzky prvé pilotné zariadenie). Výskum a technologický vývoj sa v tomto smere uskutočňuje v Japonsku, USA, Nemecku, Poľsku, Rusku, Taliansku, Číne. Metóda už bola realizovaná aj vo veľkopilotnom meradle. Vypracúvajú sa projekty na použitie tejto metódy v priemyselnom meradle. V súčasnosti najväčšie zariadenie funguje na tepelnej elektrárni v meste Kawesczin (Poľsko). Základom zariadenia sú 2 urýchľovače elektrónov. Toto zariadenie bolo vybudované s finančnou podporou Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu. Sú budované a fungujú zariadenia nielen pre radiačné čistenie výpustných plynov tepelných elektrární, ale taktiež výpustných plynov závodu na spracovanie cínu a pece na spaľovanie smetí. Príkon urýchľovačov dosahuje 300-500 kW pri energii 0,3 MeV, resp. 120-240 kW pri 0,6-0,8 MeV. Preto možno vybudovať radiačné zariadenie pre elektrárň s výkonom do 100 MW [13]. Zariadenie pozostáva z 8 urýchľovačov so sumárnym príkonom 2,56 MW. max. produkčný príkon je 347 200 m³, (pri dávke 18 kGy a koncentráciách oxidov síry 0,174 % a oxidov dusíku 0,035 %), výtťažok amónnych solí je 3,85 t/h.

Literatúra

- [1] Anonym, *Beta-Gamma*. No. 3/4. p. 3, 1990.

- [2] *Applications of Isotopes and Radiation in Conservation of the Environment. Proc. of a Symp.*, Karlsruhe, 9-13 March, 1992, IAEA, Vienna, 1992.
- [3] Baranova R.B. a i., *Vybrosnyje gázy I ich radiacionno-chimičeskaja očistku*. Energoatomizdat, Moskva, 1981.
- [4] Brusenceva S.A., Dolin P.I., Kazarinov V.E., Šubin V.N., *Rol' chimii v ochrane okružajúšej srody*. Kiev, Náuková dumka, 1983, s. 217.
- [5] Cleland M.R., Fernald R. A., Maloof S.R., *Radial, Phys. Chem.*, 24, 179, 1984.
- [6] Čech R., *Acta F. R. N. Univ. Comen. - Formatio et protectio naturae*, I, 97-101, 1976.
- [7] Danilin D.I., Šubin V.N., *Chim. Vys. Energ.*, 40, 413, 1992.
- [8] Dmitriev, A.M., Kalinin V.M., *Radiacionnaja obrabotka stočnych vod životnovodčeskich komplexov*. Uražaj, Minsk, 1981.
- [9] Dolin, P.I., Šubin V.N., Brusenceva S.A., *Radiacionnaja očistka vody*. Náuka, Moskva, 1973.
- [10] Džagacpanjan P.V. a i., *Technologija radiacionnoj očistki stočnych vod*. Energoatomizdat, Moskva, 1981.
- [11] Džagacpanjan P.V., Emel'janov V.T., *Technologija radiacionno-chimičeskich proizvodstv v gazovoj fáze*. Energoatomizdat, Moskva, 1982.
- [12] Ermakov A.N., Tarasova N.P., Bugaenko, L.T., *Chim. Vys. Energ.*, 25, 493-504, 1991.
- [13] Frank N. W., Hirano S., *Radiat. Phys. Chem.*, 35, 416, 1990.
- [14] Hay W.C., *Radiation for a Clean Environment*. IAEA, Vienna, 1975, p. 433.
- [15] Kawamura K., Aoki S., Kawakami W., Hashimoto S., Machi S., *Radiation for a Clean Environment*, IAEA, Vienna, 1975. p. 621.
- [16] Kuruc J., Sahoo M.K., Ločaj J., Hutta M., *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 183, 99-107, 1994.
- [17] Kuruc J., Možnosti použitia metód chémie vysokých energií na ochranu životného prostredia. *Zjazd chemických spoločností, Bratislava 4.7- sept. 1995. Zborník príspevkov*, 2, s.315.
- [18] Lyu E. a i., *Radiat. Phys. Chem.*, 22, 503, 1983.
- [19] Macášek F. a i., *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 191, 129-143, 1995.
- [20] Machi S., Tokunaga O., Nishimura K., Hashimoto S., Kawakami W., Wasino M., Kawamura K., Aoki S., Adachi K. *Radiat. Phys. Chem.*, 9,371, 1977.
- [21] Miyata T, *Yosui To Haisui* (in Japanese), 32, 340-346, 1990; *INIS: 2122097444*.
- [22] Osipov V.V., Tal'roze V.L., Trofimov, *Chim. Vys. Energ.*, 19, 483, 1985.
- [23] Pikaev A.K., *Sovremennaja radiacionnaja chimija. Tvjordoje telo, polimery i prikladnyje aspekty*, Náuka, Moskva, 1987. s. 369-389.
- [24] Pikaev A.K., *Chim. Vys. Energ.*, 28, 5-16, 1994.
- [25] Podzorova E.A., Kasperovič A.I., *Chim. Vys. Energ.*, 24, 99, 1990.
- [26] *Proc. Symp. on Radiation for a Clean Environment*, Munich, 17-21 March 1975, IAEA, Vienna, 1975.
- [27] Proc. of the 6th Int. Meeting on Radiation Processing. Ottawa, 1986. *Rad. Phys. Chem.*, 31, No. 1-3, 1988.
- [28] Proc. of the 7th Int. Meeting on Radiation Processing, Amsterdam, 1988. *Rad. Phys. Chem.*, 35, No. 1-3, 1990;
- [29] Rohrer D.M., *Proc. Symp. on Radiation for a Clean Environment*, IAEA, Vienna, 1975. p. 241-247.
- [30] Sivinski H.D., *Radiation for a Clean Environment*. IAEA, Vienna, 1975, 151.
- [31] Šubin V.N., Brusenceva S.A., Nikiporova G.K., *Radiacionno-polymerizacionnaja očistka proizvodstvennych stokov*. Atomizdat, Moskva, 1979.
- [32] Šubin, V.N. *Chim. Vys. Energ.*, 17, 349, 1983.
- [33] Šubin V.N. a i., *Radiacionnaja dezinfekcija prírodných i stočnych vod*. Energoatomizdat, Moskva, 1985.
- [34] Šubin V.N., Brusenceva S.A., Vysockaja, N.A. *Chim. Vys. Energ.*, 19, 338-346, 1985.
- [35] Takchisa M., Sakumoto, A., *Industrial Application of Radioisotopes and Radiation Technology*. IAEA, Vienna, 1982. p. 217.
- [36] *Tez. dokl. Vsesojuz. konf. po teoret. i prikladnoj radiac. chimii*, Obninsk 23-25 okt. 1984.
- [37] *Tez. dokl. II Vsesojuz. konf. po teoret. i prikladnoj radiacionnoj chimii*, Obninsk 23-25 okt. 1990. NIITECHIM. Moskva, 1990.
- [38] Tölgyessy P., *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*. 140, 323-330, 1990.
- [39] Vetrov V.S. a i., *Radiacionnaja obrabotka otchodov sel'skochozjajstvennogo ispol'zovanija*. Energoatomizdat. Moskva, 1984.
- [40] Vysockaja N.A. a i., *Radiacionnaja obrabotka stočnych vod životnovodčeskich komplexov*. Uražaj, Minsk. 1981.
- ú41] Wissel D., Leonhardt J.W., *Radiat. Phys. Chim.*. 25, 57, 1985.