

PLUTÓNÍUM A AMERÍCIUM VO VYBRANÝCH BIOLOGICKÝCH VZORKÁCH ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

LENKA JANTOŠOVÁ^a a ĽUBOMÍR MÁTEL^b

^a Katedra farmaceutickej analýzy a nukleárnej farmácie, Farmaceutická fakulta Univerzity Komenského, Odbojárov 10, 832 32 Bratislava, ^b Katedra jadrovej chémie a rádioekológie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Mlynská dolina CH-1, 842 15 Bratislava
lenka.jantosova@post.sk

Došlo 22.4.04, prepracované 17.1.05, prijaté 15.2.05.

Kľúčové slová: machorasty, lišajníky, rádionuklid, vzorka, kontaminácia

Úvod

Monitorovanie životného prostredia je dnes už bežnou metódou nielen pre určenie úrovne kontaminácie ekosystémov škodlivými látkami, ale aj pre zistenie pohybu týchto škodlivín. Podstata metódy spočíva v schopnosti niektorých zložiek ekosystému hromadiť škodlivé látky, medzi inými aj rádionuklidy.

Na zistenie úrovne znečistenia prírodnej vzorky rádionuklidmi je potrebné vykonať sled metodických krokov, ktoré schematicky predstavujú: odber vzorky, spracovanie vzorky, odstránenie matrice vzorky, koncentrácia a izolácia jednotlivých rádionuklidov, spracovanie do formy vhodnej na meranie, meranie vzorky a určenie aktivity izotopov rádionuklidov.

Významnú úlohu pri stanovovaní nízkych hodnôt aktivít prírodných a umelých rádionuklidov emitujúcich žiarenie α a β v matriciach environmentálnych vzoriek hrá separačná chémia¹. Všeobecne medzi najvhodnejšie separačné a s nimi súvisiace metódy, uplatňujúce sa pri separácii ekotoxických rádionuklidov zo vzoriek životného prostredia, patria metódy rádiochemickej analýzy.

Cieľom tejto práce bolo posúdiť vhodnosť zvolených metód separácie a stanovenia merných aktivít izotopov plutónia a americia vo vybraných biologických vzorkách životného prostredia, ďalej namerané výsledky porovnať s výsledkami iných vedeckých prác a zistiť, či sú analyzované vzorky schopné hromadiť plutónium a americium a zo získaných poznatkov vyvodit' záver o možnosti ďalšieho sledovania týchto vzoriek ako biomonitorov rádioaktívnej kontaminácie prostredia.

Experimentálna časť

Postup

Biologické vzorky boli vysušené do konštantnej hmotnosti a zhomogenizované. Vo vybraných vzorkách sa zmeralo γ -žiarenie. Následne bol biologický materiál spopolnený do konštantnej hmotnosti. Popol sa digeroval zmesou 8 M kyseliny dusičnej a koncentrovaného peroxidu vodíka v laboratórnom autokláve. Po zcentrifugovaní výluhu matrice vzorky sa k supernatantu pridal stopovací rádionuklid plutónia a dusitanom sodným sa upravil oxidačný stupeň plutónia (z Pu^{3+} na Pu^{4+}).

Po kvapalinovej extrakcii s 30% Aliquat-336 sa do vodnej fázy s odseparovanými rádionuklidmi americia, stroncia a yttria pridal stopovací rádionuklid americia. Samotné americium získané spoluzrážaním s hydroxidom železitým a následnou kvapalinovou extrakciou s 0,3 M trioktylfosfínoxidom v toluéne bolo ďalej spoluzrážané s fluoridom neodymu.

Tórium a urán sa z organickej fázy, ktorá obsahovala aj plutónium, odstránili vytrepaním s 8 M kyselinou dusičnou a s koncentrovanou kyselinou chlorovodíkovou do vodnej fázy. Po premiešaní vodného roztoku 0,025 M kyseliny šťaveľovej v 1 M kyseline chlorovodíkovej s organickou fázou, sa plutónium vyextrahovalo do vodnej fázy, z ktorej sa následne spolu-vyzrážalo s fluoridom neodymi-
tým.

α -Žiarenie emitované izotopmi americia a plutónia v preparátoch vzoriek, upravených na meranie, bolo merané na nízkopozad'ovom α -spektrometri; γ -žiarenie emitované izotopmi draslíka a cézia vo vzorkách bolo merané na koaxiálnom detektore γ -žiarenia².

Přístroje, chemikálie a biologický materiál

Nízkopozad'ový α -Spektrometer (Ortec, 600 mm² povrchovo-bariérový kremíkový detektor), koaxiálny detektor γ -žiarenia (HPGe Ortec).

Stopovací rádionuklid americia – ²⁴³Am s objemovou aktivitou 2,8 Bq cm⁻³, stopovací rádionuklid plutónia – ²³⁶Pu s objemovou aktivitou 0,0513 Bq cm⁻³. Boli použité chemikálie čistoty p. a.

Spracovávaný materiál pochádzal z piatich rôznych lokalít na Slovensku. Analyzovaných bolo celkovo šesťnásť biologických vzoriek, a to machov, lišajníkov, paprade a lesných plodov.

Výsledky a diskusia

Analyzovali sme biologický materiál taxonomicky zaradený podľa determináčnych kľúčov³⁻⁵ do dvoch podríš ríše rastliny – nižšie a vyššie rastliny. Šesťnásť environmentálnych vzoriek bolo zbieraných v čase od augusta do novembra 2000 v piatich lokalitách územia Slovenska: Muránska planina (Červená skala), Vtáčnik (Malé Uherce), Cerov vrch, okolie Pukanca a Bratislavy (Slávičie

Tabuľka I
Zaradenie analyzovaných vzoriek z ríše rastliny (Vegetabilia) do nižších taxonomických kategórií

Podriša	Oddelenie	Trieda	Podtrieda	Rad	Čeľad'	Rod	Druh
Nižšie rastliny (Thallobionta)	lišajníky (Lichenes)	vreckolišajníky (Ascolichenes)	–	–	–	pakonámik (<i>Pseudevernia</i>)	pakonámik otrubový (<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf.)
						diskovka (<i>Hypogymnia</i>)	diskovka bublinatá (<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.)
	machorasty (Bryophyta)	machy (Muscopsida)	machy prútnikové (Bryidae)	–	–	dvojhrôt (<i>Dicranum</i>)	dvojhrôt vlnkatý (<i>Dicranum polysetum</i> Sw.)
						jurajka (<i>Tetraphis</i>)	dvojhrôt chvostovitý (<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.)
							jurajka priesvitná (<i>Tetraphis pellucida</i> Hedw.)
						merik (<i>Plagiomnium</i>)	merik vlnkatý (<i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) <i>Koponeu</i>)
						<i>Dicranella</i>	<i>Dicranella heteromalla</i> (Hedw.) Schimp.
						rakyt (<i>Hypnum</i>)	rakyt cyprusovitý (<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.)
							rakyt cyprusovitý (<i>Hypnum cupressiforme</i> agg.)
						–	–
Vyššie rastliny (Cormobionta)	sladičorasty (Polypodiophyta)	pečeňovky (Hepaticopsida) paprade, sladiče (Polypodiopsida)	tenkovýtrusnicové paprade (Polypodiidae)	pečeňovky trsov kotvaré (Jungermanniales) sladičotvaré (Polypodiales)	–	papraď (<i>Dryopteris</i>)	papraď samčia (<i>Dryopteris filix – mas</i> (L.) Schott.)
							–
	krytosemenné rastliny (Angiospermophyta)	jednoklúčno-listové (Liliopsida)	Commelinidae	lipnicotvaré (Poales)	lipnicovité (Poaceae)	lipnica (<i>Poa</i> sp.)	–
		dvojkľúčno-listové (Magnoliopsida)	Asteridae	hluchavkotvaré (Lamiales)	hluchavkovité (Lamiaceae)	medovka (<i>Melissa</i>)	medovka lekárska (<i>Melissa officinalis</i> L.)
			Rosidae	ružotvaré (Rosales)	ružovité (Rosaceae)	ruža (<i>Rosa</i>)	ruža šipová (<i>Rosa canina</i> L.)
			Hamamelidae	bukotvaré (Fagales)	bukovité (Fagaceae)	ostružina (<i>Rubus</i>)	ostružina ožinová (<i>Rubus caesius</i> L.)
						dub (<i>Quercus</i>)	dub zimný (<i>Quercus petraea</i> (Mattusch.) Liebl.)

údolie). Medzi analyzované vzorky patrili hlavne machorasty, skúmané však boli aj lišajníky, paprade, lesné plody, trávy a liečivé byliny (tabuľka I).

Zistilo sa, že krátko po objavení sa rádioaktívneho spadu na určitom území sú machorasty a lišajníky vysoko kontaminované a ich kontaminácia úzko súvisí aj s úrovňou znečistenia pôdy rádionuklidmi⁶⁻⁸. Výsledky získané v omývaných a neomývaných vzorkách dokazujú, že vo všeobecnosti čistenie vzoriek vodou môže byť používané na elimináciu látok prilnutých na povrchu. Napriek tomu však väčšina prvkov, ktoré sú predmetom záujmu pre zistenie úrovne kontaminácie environmentálnych vzoriek, ostáva zo vzorky neodstránená⁹. Je zaujímavé, že lišajníky môžu byť kontaminované nielen spadom v dôsledku nehody spojenej s únikom rádioaktívnych látok do okolia, ale aj rádionuklidmi prítomnými v pôde. Zároveň môžu spolu s machorastami poskytovať údaje o kontaminácii aj niekoľko rokov po jadrovej havárii, nakoľko majú relatívne dlhú dobu života. Samozrejme, musia sa brať do úvahy aj ostatné okolnosti^{6,7}.

Hodnoty aktivít meraných vzoriek boli stanovené na základe α -spektier rádionuklidov plutónia a amerícia (tabuľka II). Jednotlivé píky v príslušných spektrách plutónia boli dobre rozlíšiteľné, izotopy plutónia sa dali jednoznačne určiť na základe prislúchajúcich energií α -častíc. V niektorých vzorkách vyšších rastlín sa na polysulfónovom filtri po prefiltrovaní roztoku s ameríciom zachytávala okrem mikrozrazeniny fluoridu neodymitého aj zrazenina, ktorá pri stanovení spôsobovala nedostatočné rozlíšenie píkov jednotlivých izotopov amerícia a zavádzajúco zvyšovala rádiochemické výťažky. Preparáty týchto vzoriek boli upravené a opätovne sa z nich separovalo amerícium. Hodnoty rádiochemických výťažkov sa pre plutónium pohybovali v rozsahu 14,13 % až 99,04 %, pre amerícium boli v intervale od 9,45 % do 100 %. Nízke hodnoty výťažkov mohli byť zapríčinené stratami pri opakovanej separácii amerícia. Domnievame sa, že pri separácii amerícia zo vzoriek vyšších rastlín zachytávanie zrazeniny na filtri spôsobujú teoreticky niektoré kovy alkalických zemín. Bolo by vhodné určiť príčiny tohto zachytávania zrazeniny a odstrániť ich. Použité metódy separácie amerícia by sa mohli skombinovať s ďalšími, napr. s iónovýmennou chromatografiou.

Stanovené hodnoty merných aktivít amerícia a plutónia variovali v závislosti od druhu vzorky. Merné aktivity ²³⁸Pu, ^{239,240}Pu a ²⁴¹Am mali hodnoty v lišajníkoch rovné 0,09 Bq kg⁻¹_{suš}, 2,17 Bq kg⁻¹_{suš} a 0,04 Bq kg⁻¹_{suš} a všetky sa nachádzali v intervaloch hodnôt, ktoré namerali čínski a talianski vedci¹⁰ v lišajníkoch v Taliansku.

V siedmich vzorkách machorastov z lokality Červená skala a v jednom machoraste z lokality Slávičie údolie sa merné aktivity izotopov jednotlivých rádionuklidov pohybovali v rozmedzí (0,02–0,41) Bq kg⁻¹_{suš} pre ²⁴¹Am, od 0,06 do 3,46 Bq kg⁻¹_{suš} pre ^{239,240}Pu a napokon pre ²³⁸Pu od 0,01 do 0,35 Bq kg⁻¹_{suš}. Porovnaním týchto hodnôt s hodnotami, ktoré zistil Jia a jeho spol.^{10,11} sa zistilo, že merné aktivity ²⁴¹Am v machorastoch z oboch lokalít sú desať až

stokrát menšie a merné aktivity ²³⁸Pu variujú v širšom intervale ako uvádza Jia. Merné aktivity ^{239,240}Pu sa nachádzajú v rozpätí hodnôt porovnateľnom s intervalom hodnôt, ktoré nameral Jia.

Celkovo merné aktivity izotopov plutónia v machorastoch a lišajníkoch boli v dobrej zhode s výsledkami poľských vedcov Mietelskeho, Gacu a Olecha¹², nakoľko aktivita ^{239,240}Pu namieraná v ich vzorkách kolísala od (0,07 ± 0,02) do (2,95 ± 0,16) Bq kg⁻¹ a aktivita ²³⁸Pu mala hodnoty v rozpätí od menej ako 0,02 do (0,64 ± 0,04) Bq kg⁻¹. Hodnoty ²⁴¹Am neprevýšili hodnotu 1 Bq kg⁻¹, len v jednej vzorke namerali hodnotu 3,38 ± 0,11 Bq kg⁻¹. Aktivity ²⁴¹Am v našich vzorkách neboli vyššie ako 0,41 Bq kg⁻¹. Pozorované pomery aktivít potvrdzujú rozdiely v schopnostiach machorastov a lišajníkov hromadiť určité rádionuklidy.

Mietelski, LaRosa a Ghods¹³ udávajú hodnoty merných aktivít ^{239,240}Pu v listoch paprade ako nedetegovateľné, merná aktivita ^{239,240}Pu vo vzorke paprade (*Dryopteris filix-mas*) z lokality Pukanec však mala hodnotu 0,38 ± 0,06 Bq kg⁻¹_{suš}.

Na základe nameraných výsledkov môžeme povedať, že z analyzovaných vzoriek z lokality Červená skala hromadiť izotopy plutónia sú schopné hlavne machorasty a lišajníky. Z vyšších rastlín vykazovala najvyššie merné aktivity plutónia skúmaná lipnica (*Poa* sp.). Machorasty akumulovali aj väčšie množstvo amerícia než ostatné analyzované vzorky, iba hodnoty merných aktivít ²⁴¹Am vo vzorkách machorastov z Červenej skaly a paprade z Pukanca boli rádovo zhodné.

Hodnoty merných aktivít cézia a draslíka boli zisťované najmä v lesných plodoch (*Rosa canina*, *Rubus caesius*, *Quercus petraea*) a papradiach (*Dryopteris filix-mas*). V lesných plodoch sa hodnoty merných aktivít ¹³⁷Cs pohybovali približne od 6 do 36 Bq kg⁻¹_{suš}, čo sú stonásobne nižšie hodnoty v porovnaní s hodnotami v lesných plodoch získanými Fielitzom¹⁴ a Nikolovou¹⁵. Hodnoty merných aktivít ⁴⁰K boli v intervale približne od 400 do 600 Bq kg⁻¹_{suš}. V papradi z lokality Pukanec bola namieraná celkovo najvyššia hodnota mernej aktivity ⁴⁰K: 2201,26 Bq kg⁻¹_{suš}. Merná aktivita cézia mala hodnotu rádovo v desiatkach. Nezvyčajný bol pomer hodnôt merných aktivít ⁴⁰K a ¹³⁷Cs v papradi z lokality Červená skala. Draslík mal hodnotu mernej aktivity 203,78 Bq kg⁻¹_{suš}, kým cézium malo hodnotu 390,27 Bq kg⁻¹_{suš}. Zvýšený obsah cézia mohol byť spôsobený dvoma faktormi: polohou lokality a druhom vzorky. Rádioaktívny spad, ktorý obsahuje aj ¹³⁷Cs, sa po nehode černobyľského reaktora šíril hlavne cez územie severovýchodného Slovenska. Rádionuklidy cézia sa dostali do pôdy, odkiaľ mohli koreňovou sústavou rastliny migrovať do jej ostatných častí. Vo všetkých ostatných vzorkách bol obsah cézia nižší ako obsah draslíka.

Strebl¹⁶ z Rakúska a Fielitz¹⁴ z Nemecka uvádzajú merné aktivity ¹³⁷Cs vo vzorkách papradi vyššie o jeden až tri rády, ako sme zistili v našich vzorkách. Vo vzorkách machorastov, liečivých bylín a tráv namerali merné aktivity cézia vyššie o jeden rád.

Tabuľka II
Merné aktivity izotopov plutónia a amerícia v analyzovaných vzorkách

Vzorka	Lokalita	a_m [Bq kg ⁻¹ _{suš}] ^a				
		²⁴¹ Am	²³⁸ Pu	^{239, 240} Pu	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
Dvojhrot vlnkatý (<i>Dicranum polysetum</i> Sw.)	Červená skala	0,02 ± 0,01	0,30 ± 0,10	3,46 ± 0,33	–	–
Dvojhrot chvostovitý (<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.)	Červená skala	0,35 ± 0,10	0,35 ± 0,09	2,43 ± 0,24	–	–
Jurajka priesvitná (<i>Tetraphis pellucida</i> Hedw.)	Červená skala	0,21 ± 0,07	0,04 ± 0,01	0,51 ± 0,05	–	–
Merík vlnkatý (<i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) <i>Koponeu</i>)	Cerov vrch	0,04 ± 0,02	0,16 ± 0,08	0,74 ± 0,17	–	–
<i>Dicranella heteromalla</i> (Hedw.) Schimp.	Červená skala	0,07 ± 0,02	0,01 ± 0,01	0,08 ± 0,02	–	–
Rakyt cyprusovitý (<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.)	Slávičie údolie	0,24 ± 0,05	0,02 ± 0,01	0,06 ± 0,02	1657,70	109,46
Rakyt cyprusovitý (<i>Hypnum cupressiforme</i> agg.)	Červená skala	0,18 ± 0,04	0,19 ± 0,06	0,47 ± 0,10	–	–
Pečeňovky trsovkotvaré (<i>Jungermanniales</i>)	Červená skala	0,41 ± 0,16	0,06 ± 0,03	0,75 ± 0,11	–	–
Pakonárník otrubový (<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf.), diskovka bublinatá (<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.)	Červená skala	0,04 ± 0,02	0,09 ± 0,06	2,17 ± 0,27	–	–
Papraď samčia (<i>Dryopteris filix – mas</i> (L.) Schott.)	Pukanec	0,29 ± 0,13	0,06 ± 0,02	0,38 ± 0,06	2201,26	68,69
Papraď samčia (<i>Dryopteris filix – mas</i> (L.) Schott.)	Červená skala	–	–	–	203,78	390,27
Lipnica (<i>Poa</i> sp.)	Červená skala	–	0,06 ± 0,02	0,52 ± 0,07	1081,69	154,22
Medovka lekárska (<i>Melissa officinalis</i> L.)	Malé Uherce	0,06 ± 0,03	0,06 ± 0,02	0,37 ± 0,04	1214,29	25,00
Ruža šípová – plody (<i>Rosa canina</i> L.)	Slávičie údolie	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	626,42	6,11
Ostružina ožinová – plody (<i>Rubus caesius</i> L.)	Slávičie údolie	–	–	–	626,15	35,93
Dub zimný – plody (<i>Quercus petraea</i> (Mattusch.) Liebl.)	Slávičie údolie	–	–	–	436,57	5,73

^a a_m [Bq kg⁻¹_{suš}] – merná aktivita

Z nameraných hodnôt merných aktivít jednotlivých rádionuklidov a z ich porovnania s výsledkami prác rôznych autorov uvedenými v literatúre vyplýva, že hlavne machorasty a lišajníky sú schopné hromadiť izotopy plutónia a amerícia. Hodnoty merných aktivít plutónia a amerícia u týchto vzoriek boli v porovnaní s literárnymi údajmi približne rovnaké. Analyzované lesné plody nepreukázali schopnosť akumulovať určované rádionuklidy, vo vzorkách paprade sa zistil vyšší obsah cézia a draslíka než v ostatných skúmaných vzorkách.

LITERATÚRA

1. Testa C., Desideri D., Guerra M.: *The importance of the separation chemistry for the determination of radionuclides in the environmental samples*. Abstracts of the 7th international conference Separation of Ionic Solutes, Piešťany (Slovakia). Omega Info, Bratislava. 7, 140 (1997).
2. Mátel E.: *Metodiky činností, ktoré sú predmetom akreditácie*. Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave, LAR-

- CHA - 0100 M, Příloha č.7. (2000).
3. Vilček F.: *Prehľad biológie 2*. Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava 1997.
 4. Záhorovská E.: *Systém a evolúcia nižších rastlín*. Univerzita Komenského v Bratislave, Bratislava 1998.
 5. Krejča J.: *Z našej prírody*. Príroda, Bratislava 1978.
 6. Hofmann W., Gastberger M., Tuerk, R.: *Lichens of the alps as biomonitors for radioactive fallout 1995*. INIS (International Nuclear Information System) 30-022048.
 7. Jeran Z., Jacimovic R.: *The Use of Biomonitors to Monitor Atmospheric Deposition of ^{210}Pb* . Proceedings of the 4th Symposium of the Croatian Radiation Protection Association, str. 189. Zagreb 1998.
 8. Musilek L., Cechak T., Losinska J., Wolterbeek H. Th.: *Biomonitoring air pollution in the Czech Republic by means of tree bark. Proceedings of an international workshop on biomonitoring of atmospheric pollution (with emphasis on trace elements), Lisbon 21–24 September 1997*. Str. 189. International Atomic Energy Agency (IAEA) TECDOC-1152, Vienna 2000.
 9. Sasaiki M., Coccaro D. M. B., Vasconcellos M. B. A., Marcelli M. P.: *Determination of trace elements in lichen samples by neutron activation analysis. 1st Research co-ordination meeting on validation and application of plants as biomonitors of trace element atmospheric pollution*, str. 34. Vienna 1999.
 10. Jia G., Desideri D., Testa C.: J. Radioanal. Nucl. Chem. 222, 3 (1997).
 11. Jia G., Desideri D., Testa C.: J. Radioanal. Nucl. Chem. 220, 15 (1997).
 12. Mietelski J. W., Gaca P., Olech M. A.: J. Radioanal. Nucl. Chem. 245, 527 (2000).
 13. Mietelski J. W., LaRosa J., Ghods A.: J. Radioanal. Nucl. Chem. 170, 243 (1993).
 14. Fielitz U.: *Examination of ecosystems affected by the Chernobyl reactor accident and assessment of resulting radiation exposure of the population 1999*. INIS (International Nuclear Information System) 31-033775.
 15. Nikolova I.: *Reduction of Cs-137 levels in plants and fungi after potassium fertilisation in a Swedish forest 1998*. INIS (International Nuclear Information System) 30-047688.
 16. Strebl F.: *Modelling of radiocaesium – transfer (soil-plant-roe deer) in forest ecosystems 1995*. INIS (International Nuclear Information System) 30-009670.

L. Jantošová^a and L. Máteľ^b (^a Department of Pharmaceutical Analysis and Nuclear Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Komenský University, ^b Department of Nuclear Chemistry and Radioecology, Faculty of Science, Komenský University, Bratislava): **Plutonium and Americium in Selected Biological Samples of Environment**

A large amount of radionuclides was distributed in environs of Chernobyl and in global fallout (nuclear weapon tests, man-made sources). Suitable biomonitors are used to estimate the outdoor levels of radiocontamination. Bioindicators such as mosses, lichens, plants and wild berries were analysed. Radionuclides of Pu and Am were separated by liquid extraction with Aliquat-336 and tri-n-octylphosphine oxide and measured using a silicon-surface barrier detector ORTEC. Specific activities of ^{241}Am , ^{238}Pu , ^{239}Pu , and ^{240}Pu in natural samples ranged between 0.01 ± 0.01 and $3.46 \pm 0.33 \text{ Bq kg}^{-1}$ in dry matter. The γ -activity was measured with an HPGe ORTEC γ -detector. The specific activities of ^{40}K in the analysed samples varied from 203.78 to 2201.26 Bq kg^{-1} in dry matter. The values of ^{137}Cs ranged from 5.73 to 390.27 Bq kg^{-1} in dry matter. The results and methods are discussed.