

dc_873_14

Tézisfüzet

**Vajda Nóra „Analitikai módszerek fejlesztése
nehezen mérhető radioizotópok meghatározására” c.
doktori disszertációjához**

Budapest

2014.

Az elmúlt több mint harminc évben radioanalitikai módszerek fejlesztésével foglalkoztam hosszú felezési idejű nehezen mérhető radioizotópok meghatározása érdekében. Ezek az izotópok nem vagy csak kis gyakorisággal bocsátanak ki könnyen detektálható γ -sugárzást, gyakran tiszta α - vagy β -bomlók illetve bomlásukat csak lágy γ -sugárzás kíséri. Meghatározásukhoz kémiai elválasztásra, valamint nukleáris és/vagy tömegspektrometriás mérés technikákra van szükség. Az általam vizsgált radioizotópok közé a ^{90}Sr , ^{89}Sr , ^{210}Pb , ^{210}Po , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , ^{241}Pu , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U , ^{237}Np , ^{93}Zr , ^{241}Am , ^{244}Cm , ^{242}Cm , ^{129}I , ^{99}Tc , ^{94}Nb , $^{93\text{m}}\text{Nb}$, ^{125}Sb , ^{135}Cs , ^{55}Fe , ^{59}Ni és ^{63}Ni izotópok tartoznak. Ezek az izotópok részben hasadási, részben aktiválási illetve transzmutálási termékek, melyek egyaránt keletkeznek az atomreaktorokban és többségük képződik az atombombák robbantásakor. Meghatározásuk fontos az atomerőművek üzemeltetésében, a radioaktív hulladékok kezelésében, tárolásában, nukleáris létesítmények (reaktorok, reprocesszáló üzemek, kutató intézetek) környezetellenőrzésében, a sugárvédelmi és biztosítékú célú környezetanalitikában.

I. A kitűzött kutatási feladat

Munkám célja megbízható és korszerű analitikai módszerek kidolgozása a felsorolt nehezen mérhető radioizotópok meghatározására nukleáris és környezeti mintákban. A radiokémiai eljárások kidolgozásánál elsősorban az izotópok egyértelmű azonosítása, pontos és precíz meghatározása volt a fő szempont, ezért

- minden mintában önállóan határoztuk meg a kémiai kitermelést nyomjelzők és/vagy hordozók segítségével, és arra törekedtünk, hogy a kitermelés összetett módszerek esetében se legyen kisebb 50%-nál,
- a módszereket standard referenciaanyagok elemzésével, nemzetközi összemérésekben való részvétellel és független analitikai módszerek alkalmazásával validáltuk,
- a megkívánt érzékenységet a mintamennyiség és a detektálási technika célszerű megválasztásával biztosítottuk,

és ezen túl törekedtünk arra, hogy a módszerek

- legyenek egyszerűbbek a hagyományos eljárásoknál,
- viszonylag rövid idő alatt végrehajthatóak legyenek, különösen azokban az esetekben, ha a módszert vészhelyzetben kívánjuk alkalmazni,
- kevés anyagot (reagenst) használjanak, kevés hulladék keletkezzen,
- összetett eljárások révén több izotóp, izotópcsoport egyidejűleg legyen elemezhető,
- a módszerek különböző minta típusokra, elsősorban radioaktív hulladékokra, reaktor hűtővízre, környezeti mintákra (talaj, üledék, növények) is alkalmazhatóak legyenek.

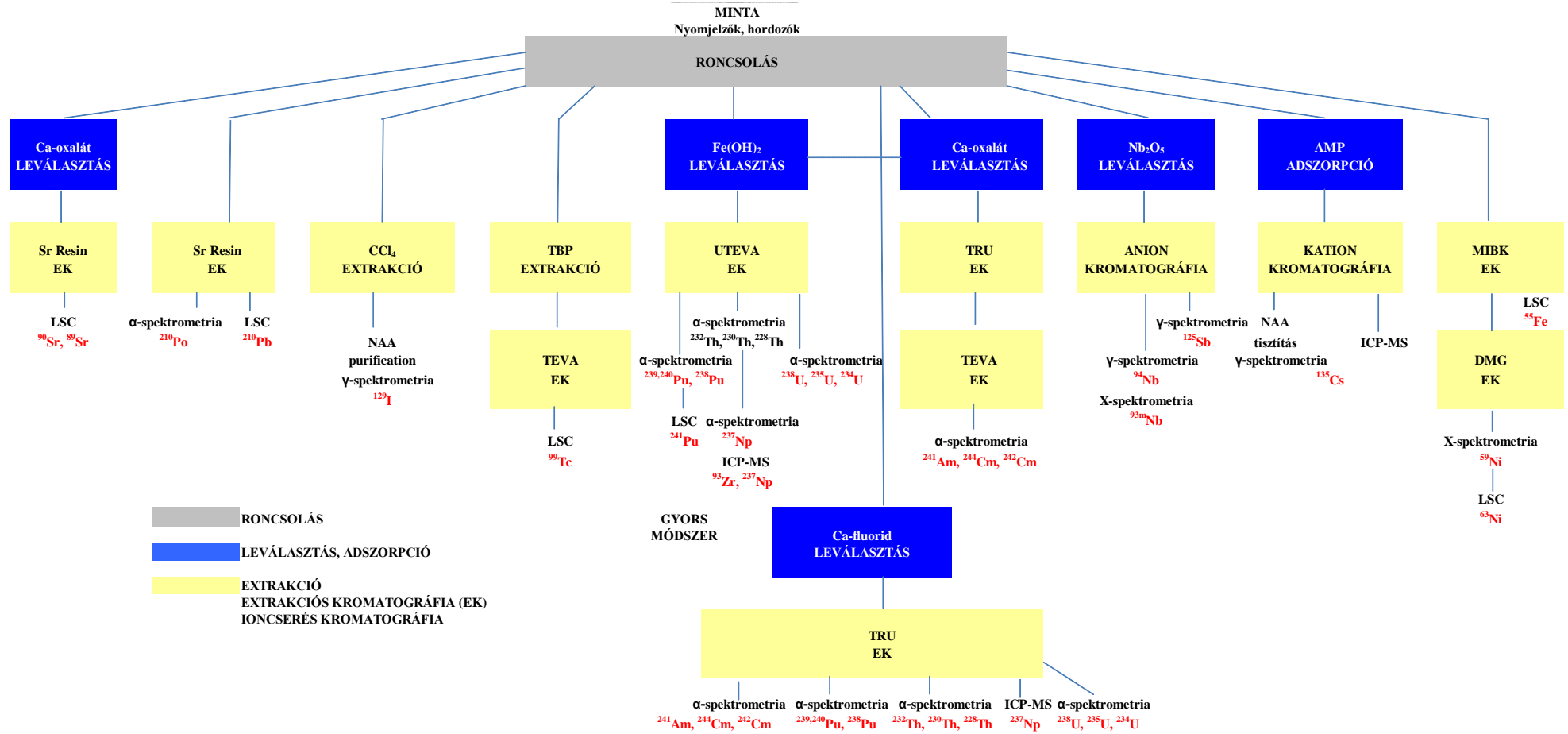
II. Az alkalmazott módszerek és az elvégzett vizsgálatok összefoglalása

A módszerek radiokémiai feldolgozásból és ehhez illesztett megfelelően érzékeny mérés technikából állnak. A mintákhoz a feldolgozás megkezdése előtt nyomjelző izotópo(ka)t és/vagy hordozó(ka)t adunk ismert mennyiségben. A mintákat feltárjuk a szerves komponensek elvoncsolása és eltávolítása érdekében, hogy a meghatározandó elem ne képezzen szerves komplexeket, és a feltárási maradékot oldatba visszük. Az analito(ka)t gyakran valamilyen csoport-elválasztási eljárással, leggyakrabban csapadékos leválasztással illetve együtt-leválasztással koncentrálnak. Ezt követi az analit (elem) szelektív kémiai elválasztása általában extrakciós kromatográfiával (EK), de néhány esetben oldószeres extrakcióval vagy ioncserés kromatográfiával. Végül az elválasztott, esetleg tovább tisztított komponensből mérendő mintát készítünk, végül pedig a meghatározandó nuklido(ka)t és a kitermelés jelző izotópokat/hordozókat a kiválasztott mérés technikával, α -, β -, γ -, röntgenspektrometriával, induktív csatolású plazma tömegspektrometriával (ICP-MS), neutronaktivációs analízissel (NAA), atomabszorpciós, optikai emissziós spektrofotometriával vagy a mérés technikák kombinálásával megmérjük. A kémiai kitermeléssel korrigált eredményt és annak kombinált standard bizonytalanságát, valamint a detektálási határt mintánként számoljuk.

Radiokémiai módszereket dolgoztunk ki az alábbi radioizotópok, illetve izotópcsoportok meghatározására (lásd a folyamatábrát):

- Radiostroncium meghatározása Sr gyantával EK elválasztással, folyadékszintillációs (LSC) mérés technikával. Meghatározott izotópok: ^{90}Sr , ^{89}Sr .
- ^{210}Pb és ^{210}Po meghatározása koronaéter alapú gyantával (Sr gyanta) EK elválasztással, az ^{210}Pb folyadékszintillációs, a ^{210}Po α -spektrometriás mérésével.
- ^{129}I meghatározása CCl_4 -os extrakciót követő neutronaktivációs analízissel a ^{130}I izotóp γ -spektrometriás detektálásával.
- ^{99}Tc meghatározása tri-butyl-foszfátos (TBP) extrakció és kvaterner amin alapú gyantával (TEVA) végzett EK tisztítás után folyadékszintillációs mérés technikával.
- Pu, Th, Np, Zr, U izotópok meghatározása di-pentil-pentil-foszfónát alapú gyantán (UTEVA) végzett EK elválasztással és a Pu, Th, U frakciókból készített források α -spektrometriás mérésével. A Np - Zr frakciót újabb tisztítás után ICP-MS módszerrel határozzuk meg. Mért izotópok: $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U , ^{237}Np , ^{93}Zr . Folyadékszintillációs módszerrel mérhető a Pu forrásban a ^{241}Pu .
- Am és Cm izotópok meghatározása karbamoil-metil-foszfín-oxid alapú gyantán (TRU) végzett EK elválasztással, opcionálisan TEVA gyantán végzett tisztítással és az α -forrás α -spektrometriás mérésével. Mért izotópok: ^{241}Am , ^{244}Cm , ^{242}Cm .

Az analitikai módszerek összefoglaló folyamatábrája



RONCSOLÁS
 LEVÁLASZTÁS, ADSZORPCIÓ
 EXTRAKCIÓ
 EXTRAKCIÓS KROMATOGRÁFIA (EK)
 IONCSERÉS KROMATOGRÁFIA

GYORS MÓDSZER

- Gyors kombinált módszer Am-Cm, Pu, Th, Np, U izotópok meghatározására kis mintamennyiségekből (pl. < 1 g talaj) TRU gyantán végzett EK elválasztással és a frakciókból készített források α -spektrometriás mérésével. Mért izotópok: ^{241}Am , ^{244}Cm , ^{242}Cm , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{237}Np , ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U . A Np, U, Pu izotópok meghatározásának érzékenysége és pontossága ICP-MS mérés technika alkalmazásával növelhető.
- Nb és Sb izotópok meghatározása anioncserélő gyantán végzett kromatográfiás elválasztással. A ^{94}Nb és az ^{125}Sb izotópokat γ -spektrometriával, a $^{93\text{m}}\text{Nb}$ izotópot röntgen-spektrometriával detektáljuk.
- ^{135}Cs meghatározása ammónium-molibdofoszfáttal és kationcserés kromatográfiával végzett elválasztás után neutronaktivációs analízissel és ICP-MS módszerrel.
- ^{55}Fe meghatározása metil-i-butil-ketonnal végzett EK elválasztás után folyadékszintillációs mérés technikával, és Ni izotópok elválasztása di-metil-glioxim alapú gyantával (DGA) végzett EK-val. A ^{59}Ni mérése röntgen-spektrometriával, majd a ^{63}Ni mérése folyadékszintillációs mérés technikával.

III. A tudományos eredmények összefoglalása és gyakorlati hasznosulása

1. Elsőként dolgoztunk ki egy olyan radiokémiai módszert a radi stroncium izotópok meghatározásához talajmintákra, mely oxalát csapadékos előkoncentrációból, a Sr-nak Sr gyantán való szelektív elválasztásából és a Sr forrás folyadékszintillációs β -spektrometriájából áll. Meghatároztuk az eljárás főbb paramétereit, teljesítményjellemzőit, kidolgoztuk az aktivitások, a bizonytalanságok és a detektálási határok számolásának algoritmusát, a módszert teszteltük és validáltuk, valamint alkalmaztuk különböző környezeti és nukleáris mintákra. A módszer lényegesen egyszerűbb és gyorsabb mint a hagyományos csapadékos elválasztások sorozatán alapuló módszer, ugyanakkor pontos és érzékeny. Az 1992-ben publikált eljárásunk „ ^{90}Sr meghatározására talajmintákban” az ISO 18589-2:2009 sz. szabványban hivatkozott eljárás, a 2013-ban publikált módszer „a ^{90}Sr és ^{89}Sr gyors meghatározásáról tejben” pedig a NAÜ által ajánlott eljárás.
2. Elsőként dolgoztunk ki egy olyan kombinált extrakciós kromatográfián alapuló radiokémiai módszert a ^{210}Pb és ^{210}Po izotópok meghatározásához, melyben az Pb és Po ionokat Sr gyantán szelektíven megkötjük, majd előbb a Po-t, utána az Pb-et eluáljuk, a ^{210}Pb -et folyadékszintillációs β -spektrometriával, a ^{210}Po -et α -spektrometriával határozzuk meg. Meghatároztuk az eljárás főbb paramétereit és teljesítményjellemzőit (kitermelés, mérési bizonytalanság, detektálási határ). A módszert teszteltük és a NAÜ Seibersdorfi Laboratóriumában utólag nemzetközi összemérésben eredményesen validálták mind vízminták, mind foszfor gipsz minták elemzésére. A módszert eredményesen alkalmaztuk különböző környezeti minták vizsgálatára. A módszer lényegesen egyszerűbb és gyorsabb, mint a hagyományos

eljárások, ugyanakkor pontos és érzékeny. Az 1997-ben publikált eljárásunk ^{210}Pb és ^{210}Po meghatározására a NAÜ által ajánlott eljárás lett víz és foszfor-gipsz mintákra.

3. Vizsgáltuk az aktinidák viselkedését különböző oxidációs állapotokban az UTEVA EK gyantán, és megállapítottuk, hogy a gyanta redukív hatást fejt ki. Kidolgoztunk egy olyan kombinált elemzési eljárást, mellyel $\text{Fe}(\text{OH})_2$ -os előkoncentrációt követően egyetlen UTEVA gyantával végzett extrakciós kromatográfiás elválasztással, majd α -spektrometriás méréssel határozzuk meg a ^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{228}Th izotópok aktivitását különböző mintákból. A módszert az aktinidák oxidációs állapotának beállításával, az elválasztási eljárás kisebb átalakításával, valamint ICP-MS mérés technika alkalmazásával a ^{237}Np és a ^{93}Zr meghatározására is kiterjesztettük. Meghatároztuk az eljárás főbb paramétereit és teljesítményjellemzőit (kitermelés, mérési bizonytalanság, detektálási határ). A módszert teszteltük és validáltuk nukleáris és környezeti minták elemzésével. Bemutattuk, hogy a módszer lényegesen egyszerűbb, mint a hagyományos eljárások, ugyanakkor pontos és érzékeny. A módszert eredményesen alkalmaztuk a paksi atomerőmű hulladékainak minősítésében, környezetének ellenőrzésében, a bátaapáti hulladék tároló telephelyének előzetes környezetfelmérésében, a paksi atomerőmű fűtőelemeinek állapot-ellenőrzésében, az üzemzavar során oldódott urán és aktinidák mennyiségének meghatározásában.
4. Kidolgoztunk egy olyan kombinált és gyors elemzési eljárást, mellyel LiBO_2 -os ömlesztés után CaF_2 -os előkoncentrációt követően egyetlen TRU gyantával végzett extrakciós kromatográfiás elválasztással, majd α -spektrometriás méréssel határozzuk meg a ^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{228}Th és ^{241}Am , ^{244}Cm , ^{242}Cm izotópok aktivitását különböző kis mennyiségű (tipikusan ≤ 1 g) szilárd mintákból. A módszert az aktinidák oxidációs állapotának beállításával a ^{237}Np meghatározására is kiterjesztettük, továbbá tisztító lépés beiktatása után alkalmazható ICP-MS mérésre. Meghatároztuk az eljárás főbb paramétereit és teljesítményjellemzőit (kitermelés, mérési bizonytalanság, detektálási határ). A módszert teszteltük és validáltuk nukleáris és környezeti minták elemzésére, eredményesen alkalmaztuk különböző környezeti, nukleáris (atomerőművi hulladékok) és biztosítéki célból vett dörzsminták vizsgálatára. A módszer pontos és lényegesen egyszerűbb és gyorsabb, mint a hagyományos eljárások, alkalmas baleseti helyzetben 24 órán belül a felsorolt aktinidák meghatározására. Az Am és Pu izotópok meghatározására alkalmas gyors módszer a NAÜ ajánlott eljárása.
5. A ^{135}Cs izotóp meghatározására radioaktív hulladék és vízmintákban kidolgoztunk egy módszert, mely viszonylag egyszerű radiokémiai elválasztásból (koncentráció AMP-PAN gyantán és tisztítás kisméretű kationcserélő oszlopon) és ezt követő ICP-MS mérés technikából áll. A módszer validálását - ^{135}Cs standard referenciaanyag hiányában - egy független mérés technikával, a k_0 -NAA-val végeztük el. Részletes hibaszámítással vizsgáltuk meg a paraméterek hatását a mérési eredmény pontosságára és megállapítottuk, hogy az eredmények a módszereket jellemző 6-7 %-os kombinált standard bizonytalanságon belül jól egyeznek egymással.
6. Összetett analitikai eljárást dolgoztunk ki ^{129}I és ^{99}Tc meghatározására, amelynek segítségével a ^{129}I és a ^{99}Tc izotópot szimultán tudjuk meghatározni ugyanabból az

aliquot mintából. Az eljárás kombinálja a jód meghatározásokra jól ismert forró savas feltárást és desztillációt, valamint CCl_4 -os extrakciót a technécium elválasztásra alkalmas TBP-os extrakcióval és TEVA gyantával végzett extrakciós kromatográfiával. A ^{129}I -et NAA-val, a ^{99}Tc -et LSC-vel határozzuk meg. Bebizonyosodott, hogy az összetett módszer alkalmazható radioaktív hulladékok elemzésére.

7. Összetett analitikai eljárást dolgoztunk ki ^{94}Nb , $^{93\text{m}}\text{Nb}$ és ^{125}Sb meghatározására, amelynek segítségével a Nb és Sb izotópokat szimultán tudjuk meghatározni ugyanabból a minta aliquotból. Az eljárás kombinálja a HNO_3 -as feltárást az oxid csapadékok leválasztásával és a fluorid komplexek elválasztásával anioncserés kromatográfiával. A ^{94}Nb -et és az ^{125}Sb -t valamint a kémiai kitermeléseket γ -spektrometriával, a $^{93\text{m}}\text{Nb}$ -ot röntgen-spektrometriával határozzuk meg. Bebizonyosodott, hogy az összetett módszer megfelelő kitermeléssel és szelektivitással alkalmazható radioaktív hulladékok elemzésére.

Az értekezés témakörében készült publikációk listája

1. **N. Vajda**, C-K. Kim: Determination of radiostrontium isotopes: A review of analytical methodology, *Applied Radiation and Isotopes* 2010 , 68(12), 2306-26
2. **Vajda N.**, Ghods-Esphahani A., Cooper E., Danesi P.: Determination of Radiostrontium in Soil Samples Using a Crown Ether, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 162 (1992) 2. 307-323
3. J. Moreno, **N. Vajda**, K. Burns, P.R. Danesi, P. DeRegge: Quantifying Uncertainties in the Radiochemical Determination of ^{90}Sr in Environmental Samples by Liquid Scintillation Counting, IAEA-TECDOC-1401 p.167-194 (2004) IAEA, Vienna
4. Bokori, E., Chae, J. S., Chung, K.H, Decaillon, J. G., Devender, R. , Dias, F.F. , Gaigl, F.A., Ferreira, A. C. , Hermanspahn, N. , Kim, C. K., Kim, Y.J. , Kis-Benedek, G. , Legarda, F. , Martin, P. , Molnar, Z. , Pitois, A. , Sanada, T. , Sansone, U. , Sdraulig, S.M. , Tarjan, S. , Toervenyi, A., **Vajda, N.** , Zawadzki, A.: Rapid Simultaneous Determination of ^{89}Sr and ^{90}Sr in Milk: a Procedure Using Cerenkov and Scintillation Counting, IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications No. IAEA/AQ/27: (2013)
5. **Vajda N.**, Danesi P., LaRosa J., Valkovic V., Zeisler R., Gjerci E., Noureddine A., Kis-Benedek Gy.: Comparative Evaluations of Analytical Methods for the Determination of ^{90}Sr ., *Int. Symposium on Environmental Impact of Radioactive Releases*, Vienna, May 8-12 (1995)
6. LaRosa J., Cooper E.L., Ghods-Esphahani A., Jansta V., Makarewitz M., Shawky S., **Vajda N.**: Radiochemical Methods Used by the IAEA's Laboratories at Seibersdorf for the Determination of ^{90}Sr , ^{144}Cs and Pu Radionuclides in Environmental Samples Collected for the International Chernobyl Project. *J. Environ. Radioactivity* 17 (1992) 183-209.
7. LaRosa J., Danesi P., Fajgelj A., Makarewitz M., **Vajda N.**, Valkovic V., Zeisler R., Stegnar P.: Analytical Approach to the Measurement of Radionuclides in Environmental Contamination of a Former Nuclear Weapons Testing Area. *Int. Symposium on Environmental Impact of Radioactive Releases*, Vienna, May 8-12 (1995)
8. J.W.Mietelski, **N. Vajda**: Chernobyl ^{90}Sr in Bilberries in Poland, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 222(2) pp.(1997)
9. J.W. Mietelski, P. Gaca, P. Zagrodzki, M. Jasiska, M. Zalewski, M. Tomczak, **N. Vajda**, E.M. Dutkiewicz: ^{90}Sr and Stable Strontium in Bones of Wild, Herbivorous Animals from Poland, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 247(2) pp. 363-370 (2001)
10. **N. Vajda**, Zs. Molnár, E. Kabai, Sz. Osvath: Simultaneous Determination of Long-Lived Radionuclides in Environmental Samples, 9th Int. Symposium on Environmental Radiochemical Analysis, Maidstone, U.K., 18-20 Sept. 2002, (In: Peter Warwick (ed.): *Environmental Radiochemical Analysis II*; The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2003; pp. 185-196.)

11. P. Ormai, A. Fritz, J. Solymosi, I. Gresits, E. Hertelendi, Z. Szücs, **N. Vajda**, Zs. Molnár, P. Zagyvai: Inventory Determination of Low- and Intermediate Level Radioactive Waste of Paks NPP; J. Radioanal. Chem. 211(2) (1996)
12. Groska Judit, Molnár Zsuzsa, Bokori Edit, **Vajda Nóra**: Simultaneous determination of ^{89}Sr and ^{90}Sr : Comparison of methods and calculation techniques, J. Radioanal. Nucl. Chem. (under publication) 2011
13. **Vajda N.**, LaRosa J., Zeisler R., Danesi P., Kis-Benedek Gy.: A Novel Technique for the Simultaneous Determination of ^{210}Pb and ^{210}Po Using a Crown Ether. J. Environmental Radioactivity 37/3. (1997) pp. 355-372.
14. Hózer Z., **Vajda N.**: Fűtőelemek üzemi viselkedése, fűtőelem-ellenőrzés, fejezet az Atomerőművek üzemtana II/4 c. könyvben (szerkesztő: Csom Gyula), Pauker Nyomdaipari Kft., Budapest, 2012. pp. 3-126.
15. **N. Vajda**, C. K. Kim: Determination of Pu isotopes by alpha spectrometry: a review of analytical methodology, J. Radioanal. Nucl. Chem. 2010, 283, 203-223,
16. **N. Vajda**, C. K. Kim: Determination of ^{241}Am by alpha spectrometry: a review of analytical methodology, J. Radioanal. Nucl. Chem. 284(2), 341-366, 2010.
17. **N. Vajda**, C-K. Kim: Determination of transuranium (Pu, Np, Am, Cm) isotopes: a review of analytical methodology, Anal. Chem., 2011, 83(12), 4688-4719.
18. **N. Vajda**, P. Martin, C-K. Kim: Alpha spectrometry,, chapter 6 in Handbook of Radioactivity Analysis, ed. M. F. L'Anunziata, Elsevier, 2012.
19. LaRosa J., Cooper E.L., Ghods-Esphahani A., Jansta V., Makarewitz M., Shawky S., **Vajda N.**: Radiochemical Methods Used by the IAEA's Laboratories at Seibersdorf for the Determination of ^{90}Sr , ^{144}Ce and Pu Radionuclides in Environmental Samples Collected for the International Chernobyl Project. J. Environ. Radioactivity 17 (1992) pp. 183-209
20. Zsolt Varga, Gergely Surányi, **Nóra Vajda** and Zsolt Stefánka: Improved sample preparation method for environmental plutonium analysis by ICP-SFMS and alpha-spectrometry, J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 274, No.1 (2007) 87 – 94.
21. J. Moreno, **N. Vajda**, P.R.Danesi, J.J.LaRosa, E.Zeiller, M.Sinojmeri: Combined Procedure for Determination of ^{90}Sr , ^{241}Am and Pu Radionuclides in Soil Samples; 6th Int. Conference on Low Level Measurements of Actinides and Long-Lived Radionuclides in Biological and Environmental Samples, Le Hague, France, 1996, J. Radioanal. Nucl. Chem. 226/1-2. (1997) pp. 279-284
22. J. Moreno, J.J. LaRosa, P.R. Danesi, K. Burns, **N. Vajda**, M. Sinojmeri: Determination of ^{241}Pu by LSC in Combined Procedure for Pu Radionuclides, ^{241}Am and ^{90}Sr Analysis in Environmental Samples, Radioactivity and Radiochemistry 9(2) pp. 35-44 (1998)
23. Sz. Osváth, **N. Vajda**, Zs. Molnár: Development of a complex method for the determination of actinoides, J. Radioanal. Nucl. Chem., 281(3), 461-465 (2009)
24. Sz. Osváth, **N. Vajda**, Zs. Molnár, É. Széles, Zs. Stefánka: Determination of ^{237}Np , ^{93}Zr and other long-lived radionuclides in medium and low-level radioactive waste samples, proc. of the 16th Radiochemical Conference, April 18-23, 2010, Marianske

- Lazne, Czech Republic, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 286, 3 (2010) 675-680.
25. **N. Vajda**, A. Törvényi, G. Kis-Benedek, C.K. Kim: Development of Extraction Chromatographic Separation Procedures for the Simultaneous Determination of Actinides, *Radiochimica Acta* 97, pp. 9-16, 2008
 26. **N. Vajda**, A. Törvényi, G. Kis-Benedek, C.K. Kim, B. Bene, Zs. Macsik: Rapid method for the determination of actinides in soil and sediment samples by alpha spectrometry. *Radiochimica Acta* 2009, 97, 395-401
 27. Mácsik, Z., Groska, J., **Vajda, N.**, Vogt, S., Kis-Benedek, G., Kim, C.S., Maddison, A., Donohue D. (2013) Improved radioanalytical method for the simultaneous determination of Th, U, Np, Pu and Am(Cm) on a single TRU column by alpha spectrometry and ICP-MS. *Radiochimica Acta*, 101, 1-11, 2013
 28. **N. Vajda**, Sz. Osváth, P. Nagy, É. Kovács-Széles, K. Fél, Zs. Molnár, E. Bokori: Determination of ^{93}Zr , ^{237}Np and ^{135}Cs in radioactive waste by inductively coupled plasma mass spectrometry, Radchem 2014 conference, Marianske Lazne, May 12-16, 2014
 29. **Vajda N.**, Molnár Zs., Kerkápoly A., Pintér T.: Üzemanyag szivárgása a paksi tisztítótartályban megsérült fűtőelemekből, II. Nukleáris Technikai Szimpózium, Budapest, 2003. december 4-5.
 30. **Vajda, Nóra**; Molnár, Zsuzsa; Kerkápoly, Anikó; Pintér, Tamás: Radiochemical Control of Damaged Fuel After the Cleaning Tank Incident at Paks Nuclear Power Plant, Proceedings of Int. Conference on Water Chemistry of Nuclear Power Plants, San Francisco, 11-14 Oct. 2004
 31. IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications Series No. 11: A Procedure for the Rapid Determination of Pu Isotopes and ^{241}Am in Soil and Sediment Samples by Alpha Spectrometry, IAEA/AQ/11, 2009
 32. Nagy P., **Vajda N.**, Sziklai-László I., Kovács-Széles É., Simonits A.: Determination of ^{135}Cs in nuclear power plant wastes by ICP-MS and k_0 -NAA. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 300(2), 615-627 (2014)
 33. E. Kabai, **N. Vajda**, P. Gaca: Simultaneous determination of radioactive halogen isotopes and Tc-99, 14th Radiochemical Conference, 14-19 April 2002, Marianske Lazne, Czech Republic, *Czechoslovak Journal of Physics*, 53 pp. A181-A188 (2003)
 34. Sz. Osváth, **N. Vajda**, Zs. Molnár: Determination of long-lived Nb isotopes in nuclear power plant wastes, *Applied Radiation and Isotopes*, 66 pp. 24–27 2008
 35. Tar D., Molnár Zs., **Vajda N.**: Atomerőművi primerkörü korróziós részecskék elemzése, III. Nukleáris Technikai Szimpózium, Budapest, 2004. december 3-4.
 36. **N. Vajda**, Zs. Molnár, T. Pintér, A. Pintérné Csordás Tóth, Zs. Stefánka, P. Kádár, K. Varga: Analysis of radioactive particles of NPP origin, NATO Advanced Research Workshop, Jalta, May 6-13, 2007.