

О. О. Одінцов*, Л. А. Паламар, Л. Б. Чікур

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Чорнобиль, Україна

*Відповідальний автор: oodin@ukr.net

ФОРМИ ЗНАХОДЖЕННЯ УРАНУ І РАДІОНУКЛІДІВ У ДОННИХ ВІДКЛАДЕННЯХ ПРИМІЩЕННЯ 001/3 ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ»

Наведено результати експериментального визначення форм знаходження урану і радіонуклідів ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{154}Eu , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am і ^{244}Cm в донних відкладеннях (ДВ) приміщення 001/3 об'єкта «Укриття». Методом послідовних екстракцій визначено кількість водорозчинних, обмінних, карбонатних і кислоторозчинних форм урану, продуктів поділу (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{154}Eu) і трансуранових елементів (^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{244}Cm) у ДВ приміщення 001/3 на позначці $-2,60$ м допоміжних систем реакторного відділення об'єкта «Укриття». Концентрація урану в ДВ приміщення 001/3 становить $3,1 \pm 0,5$ г/кг для повітряно-сухого стану. Питома активність для повітряно-сухого стану ^{90}Sr , ^{137}Cs в ДВ знаходиться в межах $6 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^9$ Бк/кг, а $^{239+240}\text{Pu}$ і ^{241}Am в межах $6 \cdot 10^5 - 8 \cdot 10^6$ Бк/кг. Уран і ^{137}Cs в ДВ приміщення 001/3 в основному знаходяться в обмінних формах. Кількість водорозчинних форм урану і цезію $1,5 - 3$ %. Основна кількість ^{90}Sr , більше 60 % знаходиться у вигляді карбонатних сполучень, розчинних у слабокислому середовищі при рН 4,8. Більше 65 % ^{238}Pu і $^{239+240}\text{Pu}$ в ДВ знаходиться в кислоторозчинних формах. Рухливість ^{154}Eu , ^{241}Am і ^{244}Cm в ДВ значно вища, ніж плутонію, у розчинний стан при рН 4,8 переходить більше 40 % ^{241}Am . Відношення між активностями $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$, $^{90}\text{Sr}/^{239+240}\text{Pu}$, $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ і $^{244}\text{Cm}/^{239+240}\text{Pu}$ в ДВ значно відрізняються від аналогічних відношень радіонуклідів у паливовмісних матеріалах об'єкта «Укриття».

Ключові слова: уран, ^{137}Cs , ^{90}Sr , плутоній, америцій, форми знаходження радіонуклідів, донні відкладення, радіоактивно забруднена вода, об'єкт «Укриття».

О. О. Odintsov*, L. A. Palamar, L. B. Chikur

Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants, National Academy of Sciences of Ukraine, Chornobyl, Ukraine

*Corresponding author: oodin@ukr.net

SPECIATION OF URANIUM AND RADIONUCLIDES IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF PREMISES 001/3 OF THE “SHELTER” OBJECT

The results of experimental determination of the forms of uranium and radionuclides ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{154}Eu , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , and ^{244}Cm in the bottom sediments of the premises 001/3 of the “Shelter” object are presented. By the sequential extraction procedure, the following amounts are determined: water-soluble, exchange, carbonate, and acid-soluble forms of uranium, fission products (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{154}Eu), and transuranium elements (^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{244}Cm) in the bottom sediments in the premises 001/3 on a mark of -2.60 m of auxiliary systems of the reactor compartment of the “Shelter” object. The concentration of uranium in the bottom sediments of room 001/3 is equal 3.1 ± 0.5 g/kg. The specific activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in the bottom sediments is within the range of $6 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^9$ Bq/kg, and $^{239+240}\text{Pu}$ and ^{241}Am within the range of $6 \cdot 10^5 - 8 \cdot 10^6$ Bq/kg. Radionuclides ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{154}Eu , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , and ^{244}Cm in the bottom sediments are in different chemical forms that will define their different potential mobility. Uranium and ^{137}Cs in the bottom sediments of premises 001/3 mainly are in exchange forms. The amount of water-soluble forms of uranium and cesium is $1.5 - 3$ %. The basic amount of ^{90}Sr , more than 60 % is carbonate soluble in a weak acid at pH 4.8. More than 65 % of ^{238}Pu and $^{239+240}\text{Pu}$ in the bottom sediments are in acid-soluble forms. The mobility of ^{154}Eu , ^{241}Am , and ^{244}Cm in the bottom sediments is much higher than that of plutonium; at pH 4.8 more than 40 % of ^{241}Am goes to a soluble state. The ratio between the activities of $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$, $^{90}\text{Sr}/^{239+240}\text{Pu}$, $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$, and $^{244}\text{Cm}/^{239+240}\text{Pu}$ in the bottom sediments considerably differ from the analogical relations of radionuclides in a fuel containing materials of the “Shelter” object.

Keywords: uranium, ^{137}Cs , ^{90}Sr , plutonium, americium, sequential extraction, speciation of radionuclides, bottom sediments, “Shelter” object.

REFERENCES

1. A.A. Korneev et al. Liquid radioactive waste inside the “Shelter” object. *Radiokhimiya* 44(6) (2002) 545. (Rus)
2. A.P. Krinitsyn, O.L. Strikhar, V.N. Shcherbin. The problem of handling liquid radioactive waste from the “Shelter” object. *Radiokhimiya* 45(5) (2003) 461. (Rus)
3. A.A. Odintsov et al. Transuranium elements in liquid radioactive waste from the “Shelter” object. *Radiokhimiya* 51(4) (2009) 337. (Rus)

4. A.A. Borovoy. Nuclear safety of water accumulations in the “Shelter” object. *Atomnaya Energiya* 107(2) (2009) 91. (Rus)
5. O.O. Odintsov, V.E. Khan, B.I. Ogorodnikov. Control of factors of radiation danger of apartment 001/3 object “Ukryttya”. *Problemy Bezpeky Atomnyh Elektrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants and of Chornobyl)* 15 (2011) 96. (Rus)
6. O.O. Odintsov et al. Long-term monitoring of the unorganized accumulations liquid radioactive wastes of object “Ukryttya”. *Problemy Bezpeky Atomnyh Elektrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants and of Chornobyl)* 27 (2016) 43. (Rus)
7. L.I. Rudenko, V.Ya. Sklyar, V.E. Khan. Purification of liquid radioactive waste from the “Shelter” object from transuranium elements, Sr and γ -emitters. *Radiokhimiya* 46(2) (2004) 184. (Rus)
8. L.I. Rudenko et al. The mechanism of purification of liquid radioactive waste from transuranium elements and uranium by complex formation and ultrafiltration. *Dopovidi NAN Ukrayiny* 11 (2009) 145. (Rus)
9. O.O. Odintsov, V.E. Khan. Radioactive water in object “Ukryttya” after pulling down of “Arch” of NEV safe confinement in project statute. *Problemy Bezpeky Atomnyh Elektrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants and of Chornobyl)* 30 (2018) 67. (Rus)
10. F.I. Pavlotskaya. *Migration of Radioactive Products of Global Fallout in Soils* (Moskva: Atomizdat, 1974) 216 p. (Rus)
11. A. Tessieer, P.G.C. Campbell, M. Bisson. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.* 51(7) (1979) 844.
12. O.O. Odintsov, A.D. Sazhenyuk, V.A. Satsyuk. Association of ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , and ^{244}Cm with Soil Adsorbing Complex in Soil Typical of the Vicinity of the Chernobyl NPP. *Radiochemistry* 46(1) (2004) 95.
13. V.P. Protsak, O.O. Odintsov. Estimation of the forms of Chernobyl radionuclides in the bottom sediments of the Chernobyl cooling reservoir. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 15(3) (2014) 259. (Ukr)
14. A.A. Odintsov, E.M. Pazukhin, V.E. Khan. Method for simultaneous determination of the content of uranium and transuranium elements in groundwater and liquid radioactive waste of the “Shelter” object. *Radiokhimiya* 47(5) (2005) 467. (Rus)
15. A.A. Borovoy et al. Determination of the nuclear-physical characteristics of the fuel of the 4th power unit of the Chernobyl Nuclear Power Plant. Report of the Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Inv. No. 52/11-20 (Moskva, 1991). (Rus)
16. V.A. Rabinovich, Z.Ya. Khavin. *Brief Chemical Guide* (Leningrad: Khimiya, 1978) 392 p. (Rus)
17. A.N. Nesmeyanov. *Radiochemistry* (Moskva: Khimiya, 1978) 560 p. (Rus)

Надійшла/Received 20.05.2021