

Ю. В. Бондар¹, С. В. Кузенко¹, В. М. Сливінський¹, Т. І. Коромисліченко²

¹ ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища» НАН України, Київ

² Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України, Київ

НОВІ КОМПОЗИТНІ ВОЛОКНА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ І СТИЧНИХ ВОД ВІД РАДІОНУКЛІДІВ ЦЕЗІЮ

Для селективного вилучення цезію із забруднених вод був синтезований новий композитний сорбент на основі модифікованих поліакрилонітрильних волокон з осажденою на поверхні волокон неорганічною фазою фероціаніду калію-нікелю. Показано, що фероціанідний шар осідає на поверхні волокон у вигляді щільного рівномірного шару, який складається з округлих наноагрегатів (~ 40 - 50 нм). Композитні волокна мають високу хімічну стійкість як у лужних, так і кислих розчинах. Сорбційні експерименти продемонстрували, що синтезовані волокна є високоселективним сорбентом і можуть бути використані для очищення природних вод і високосольових розчинів від радіонуклідів цезію.

Ключові слова: композитний сорбент, поліакрилонітрильні волокна, фероціанід калію-нікелю, селективність, ¹³⁷Cs, високосольові розчини, рідкі радіоактивні відходи.

Ю. В. Бондар¹, С. В. Кузенко¹, В. М. Сливинский¹, Т. И. Коромысличенко²

¹ ГУ «Институт геохимии окружающей среды» НАН Украины, Киев

² Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семененко НАН Украины, Киев

НОВЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ ВОЛОКНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ

Синтезирован новый композитный сорбент на основе модифицированных полиакрилонитрильных волокон с осажденной фазой ферроцианида калия-никеля для селективного извлечения цезия из загрязненных вод. Показано, что ферроцианидный слой осаждается на поверхности волокон в виде плотного равномерного слоя, который состоит из округлых наноагрегатов (~ 40 - 50 нм). Композитные волокна обладают высокой химической стабильностью как в щелочных, так и кислых растворах. Сорбционные эксперименты продемонстрировали, что синтезированные волокна являются селективным сорбентом по отношению к ионам цезия и могут быть использованы для очистки природных вод и высокосольевых растворов от радионуклидов цезия.

Ключевые слова: композитный сорбент, полиакрилонитрильные волокна, ферроцианид калия-никеля, селективность, ¹³⁷Cs, высокосольевые растворы, жидкие радиоактивные отходы.

Yu. V. Bondar¹, S. V. Kuzenko¹, V. M. Slyvinsky¹, T. I. Koromyslichenko²

¹ State institution "Institute of Environmental Geochemistry", National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

² M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation,
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

NEW COMPOSITE FIBRES FOR NATURAL AND WASTE WATERS DECONTAMINATION FROM CESIUM RADIONUCLIDES

New composite adsorbent based on modified polyacrylonitrile fibers is synthesized by in situ deposition of potassium-nickel ferrocyanide layer on the fibers' surface. It is shown that the ferrocyanide phase forms a compact homogeneous layer on the fibers' surface consisted of rounded nanoaggregates (~ 40 - 50 nm). Composite fibers are chemically stable in both acidic and alkaline solutions. Sorption experiments have demonstrated that synthesized fibers are high-selective adsorbents and can be used for the purification of natural waters and high-salt solutions from cesium radionuclides.

Keywords: composite adsorbent, polyacrylonitrile fibers, potassium-nickel ferrocyanide, selectivity, ¹³⁷Cs, high-salt solutions, liquid radioactive waste.

REFERENCES

1. Tananaev I.V., Saifer G.B., Kharitonov Yu.Ya. et al. Ferrocyanide chemistry. - Moskva: Nauka, 1971. - 320 p. (Rus)
2. Tusa E.H., Paavola A., Harjula R. et al. Industrial Scale Removal of Cesium with Hexacyanoferrate Exchanger - Process Realization and Test Run // Nucl. Technol. - 1994. - Vol 107. - P. 279 - 284.
3. Koivula R., Harjula R., Lehto J. Selective removal of radionuclides from nuclear waste effluents with inorganic

- ion exchangers // NATO advanced research workshop "Combined and hybrid adsorbents: fundamentals and applications", Kyiv, Pushcha-Vodytsa, Ukraine, 15 - 17 Sept. 2005. - Kyiv, 2005. - P. 171 - 176.
4. *Milyutin V.V., Ershov B.G.* // Voprosy radiatsionnoj bezopasnosti. - 2015. - Vol. 79(3). - P. 52 - 55. (Rus)
 5. *Vincent T., Vincent C., Guibal E.* Immobilization of Metal Hexacyanoferrate Ion-Exchangers for the Synthesis of Metal Ion Sorbents - A Mini-Review // *Molecules*. - 2015. - Vol. 20. - P. 20582 - 20613.
 6. *Sharygin L.M., Muromskij A.Yu.* // Radiokhimiya. - 2004. - Vol. 46(2). - P. 171 - 175. (Rus)
 7. *Korchagin Yu.P.* Research and application of selective inorganic sorbents for the systems for processing of liquid radioactive nuclear waste improvement: Thesis / All-Russian Research Institute for Nuclear Power Plants Operation. - Moskva, 1999. - 24 p. (Rus)
 8. *Logunov, M. V., Skobtsov A. S., Soldatov B. V. et al.* Research and application of inorganic selective sorbents at Mayak PA // *C. R. Chimie*. - 2004. - Vol. 12. - P. 1185 - 1190.
 9. *Šebesta F.* Composite sorbents of inorganic ion-exchangers and polyacrylonitrile binding matrix I. Methods of modification of properties of inorganic ion-exchangers for application in column packed beds // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* - 1997. - Vol. 220(1). - P. 77 - 88.
 10. *Remez V.P., Zelenin V.I., Smirnov A.L. et al.* // Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy. - 2009. - Vol. 9(5). - P. 627 - 632. (Rus)
 11. *Remez V.P., Zheltonozhko E.V., Sapozhnikov Yu.A.* The experience of using Anfezh sorbent for recovery of radioactive caesium from sea water // *J. Radiat. Protect. Dosimetry*. - 1998. - Vol. 75(1 - 4). - P. 77 - 78.
 12. *Kamenik, J., Dulaiova, H., Šebesta, F. et al.* Fast concentration of dissolved forms of cesium radioisotopes from large seawater samples // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* - 2013. - Vol. 296(2). - P. 841 - 846.
 13. *Johnson B.E., Santschi P.H., Addleman R.S. et al.* Collection of fission and activation product elements from fresh and ocean waters: A comparison of traditional and novel sorbents // *Appl. Radiat. Isot.* - 2011. - Vol. 69(1). - P. 205 - 216.
 14. *Sinha P.K., Lal K.B., Ahmed Jaleel.* Development of a novel composite by coating polyacrylic fibres with hexacyanoferrates for the removal of Cs from radioactive liquid waste // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* - 1998. - Vol. 238, No. 1 - 2. - P. 51 - 59.
 15. *Zhelezov V.V., Vysotskij B.* // *Atomnaya energiya*. - 2002. - Vol. 92(6). - P. 460 - 466. (Rus)
 16. *Bondar Yu., Kuzenko S., Han D-H.* Development of novel nanocomposite adsorbent based on potassium nickel hexacyanoferrate-loaded polypropylene fabric // *Nanoscale Res. Lett.* - 2014. - Vol. 9. - P. 180.
 17. *Galysh V.V., Kartel M.T., Milyutin V.V. et al.* Composite cellulose-inorganic sorbents for ¹³⁷Cs recovery // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* - 2014. - Vol. 301(2). - P. 315 - 321.
 18. *Šebesta F., John J., Motl A.* Phase II Report on the Evaluation of Polyacrylonitrile (PAN) as a Binding Polymer for Absorbers Used to Treat Liquid Radioactive Wastes // SAND96-1088. - 1996.
 19. *Moon J-K., Kim K-W., Jung C-H. et al.* Preparation of organic-inorganic composite adsorbent beads for removal of radionuclides and heavy metal ions // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* - 2000. - Vol. 246(2). - P. 299 - 307.
 20. *Nilchi A., Saberi R., Moradi M. et. al.* Adsorption of cesium on copper hexacyanoferrate-PAN composite ion exchanger from aqueous solution // *Chem. Eng. J.* - 2011. - Vol. 172(1). P. 572 - 580.
 21. *Grachek V.I., Lysenko G.N., Akulich Z.I. et al.* // *Zhurnal obshchej khimii*. - 2009. - Vol. 79(3). - P. 360 - 365. (Rus)
 22. *Nakamoto K.* Infrared Spectra of Inorganic and Coordination Compounds / Translated from English, Ed. Pentin Yu. - Moskva: Mir, 1991. - 536 p. (Rus)
 23. *Mimura H., Lehto J., Harjula R.* Ion Exchange of Cesium on Potassium Nickel Hexacyanoferrate(II)s // *J. Nucl. Sci. Technol.* - 1997. - Vol. 34(5). - P. 484 - 489.
 24. *Valsala T.P., Joseph A., Shah J.G. et al.* Synthesis and characterization of cobalt ferrocyanides loaded on organic anion exchanger // *J. Nucl. Materials*. - 2009. - Vol. 384(2). - P. 146 - 152.
 25. *Mimura H., Lehto J., Harjula R.* Chemical and Thermal Stability of Potassium Nickel Hexacyanoferrate (II) // *J. Nucl. Sci. Technol.* - 1997. - Vol. 34(6). - P. 582 - 587.
 26. *Ennan A.A., Shykhaleeva G.N., Babynets S.K. et al.* // *Visnyk Odes'kogo natsional'nogo universytetu. Khimiya*. - 2006. - Vol. 11(1 - 2). - P. 67 - 74. (Rus)

Надійшла 18.11.2016
Received 18.11.2016