ISSN print 2414-4517, ISSN online 2710-1487, https://ecm.knmu.edu.ua, ekm.journal@knmu.edu.ua

Урологія, нефрологія і андрологія

УДК: 616.613:616.62]-003.7-008.82:546.7(477.54)

РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ДЕПОНУВАННЯ АКТИНОЇДІВ У НИРКОВИХ КАМЕНЯХ ХВОРИХ НА СЕЧОКАМ'ЯНУ ХВОРОБУ

Колупаєв С.М.[1], Лісовий В.М.[1], Дикий М.П.[2], Медведєва О.П.[2], Черняк М.Є.[1]

[1]Харківський національний медичний університет, Харків, Україна
[2]Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут», Харків, Україна

Уран є одним з найбільш досліджених актиноїдів, який широко використовується в атомній промисловості та може накопичуватись у питній воді, ґрунті, рослинах та кальцієвмісних тканинах організму. Метою нашої роботи було дослідження присутності ізотопів урану ^{235}U та ^{238}U у складі ниркових каменів хворих на сечокам'яну хворобу, які мешкають в Харківській області. Вміст ^{235}U та ^{238}U був досліджений у зразках ниркових каменів, отриманих в результаті малоінвазивних оперативних втручань з приводу сечокам'яної хвороби у 57 хворих, які мешкають в Харківській області, за допомогою гамма-активаційного аналізу на лінійному прискорювачі електронів. За результатами нашого дослідження ^{235}U та ^{238}U були виявлені в 13 (27 %) зразках кальцієвмісних ниркових каменів, мінеральний склад яких був представлений моногідратом оксалата кальцію (вевелліт), дігідратом оксалата кальцію (ведделіт) та фосфатно-кальцієвими сполуками (апатит, гідроксиапатит, фторапатит, карбонатапатит). Вміст вищезазначених ізотопів у складі ниркових каменів дорівнював ~ 1 ppm (мкг/г). Ми дійшли висновку, що своєчасне лікування сечокам'яної хвороби сприятиме мінімізації токсичної дії урану на ниркові структури.

Ключові слова: *уран; Харківська область; уроліти.*

Цитуйте українською: Колупаєв СМ, Лісовий ВМ, Дикий МП, Медведєва ОП, Черняк МЄ. Регіональні особливості депонування актиноїдів у ниркових каменях хворих на сечокам'яну хворобу. Експериментальна і клінічна медицина. 2022;91(2):33-7. https://doi.org/10.35339/ekm.2022.91.2.kld

Cite in English: Kolupayev SM, Lisovyi VM, Dikiy MP, Medvedeva OP, Cherniak MI. Regional features of actinides deposition in kidney stones of patients with urolithiasis. Experimental and Clinical Medicine. 2022;91(2):33-7. https://doi.org/10.35339/ekm.2022.91.2.kld [in Ukrainian].

Відповідальний автор: Колупаєв С.М.;
Україна, 61037, м. Харків,
пр. Героїв Харкова, 195.
E-mail: sm_kolupayev@ukr.net

Corresponding author: Kolupayev S.M.;
Ukraine, 61037, Kharkiv,
Heroiv Kharkova avenue, 195.
E-mail: sm_kolupayev@ukr.net

CC BY-NC-SA

© Колупаєв С.М., Лісовий В.М., Дикий М.П., Медведєва О.П., Черняк М.Є., 2022

© Kolupayev S.M., Lisovyi V.M., Dikiy M.P., Medvedeva O.P., Cherniak M.I., 2022

ISSN print 2414-4517, ISSN online 2710-1487, https://ecm.knmu.edu.ua, ekm.journal@knmu.edu.ua

Вступ

Використання атомної та теплової енергії у господарчих та військових цілях супроводжується надходженням у навколишнє середовище радіоактивних елементів, які проникають в організм людини з подальшою внутрішньоклітинною фіксацією [1]. Найбільш небезпечними є актиноїди, розпад яких зазвичай супроводжується викидом α-частинок [2]. Актиноїди також виявляють високу хімічну активність, беручи участь в окисно-відновних реакціях та процесах дифузії, що обумовлює токсичний вплив на стан здоров'я людини та призводить до розвитку низки захворювань [3]. Уран є найбільш широко дослідженим актиноїдом, через його природну поширеність у земній корі та гідросфері, а також через його переважне становище в циклі виробництва ядерної енергії [4]. В дослідженні Reynard B. & Balter V. (2014) було виявлено депонування ізотопів урану в кістковій тканині та зубах [5]. Основним компонентом кісток та зубів є гідроксиапатит – $Ca_{10}(PO_4)6(OH)_2$, кристали якого є місцем тривалої фіксації іонів урану. Уран і кальцій мають подібні іонні радіуси, завдяки чому уран як більш активний елемент міцно зв'язується з фосфатними групами гідроксиапатиту, вивільняючи іони Ca^{2+} [6]. Кальцій є складовою частиною ниркових каменів у більшості пацієнтів з сечокам'яною хворобою [7]. Враховуючи присутність ізотопів урану ^{235}U та ^{238}U у питній воді, ґрунті та деяких рослинах на території Харківській області [8], є доцільним вивчення регіональних особливостей депонування даного радіонукліда у складі кальцієвмісних тканин.

Метою нашого дослідження було вивчення присутність ізотопів урану ^{235}U та ^{238}U у складі ниркових каменів хворих на сечокам'яну хворобу, які мешкають в Харківській області.

Матеріали та методи

Присутність ^{235}U та ^{238}U була досліджена у зразках ниркових каменів, отриманих в результаті малоінвазивних оперативних втручань (екстракорпоральної ударно-хвильової, уретероскопічної та перкутанної літотрипсії) з приводу сечокам'яної хвороби у 57 пацієнтів (36 чоловіків та 21 жінки) віком від 20 до 79 років (середній вік – [41,57±15,34] року), які знаходилися на лікуванні у КНП ХОР «Обласний медичний клінічний центр урології і нефрології ім. В.І. Шаповала» (м. Харків, Україна). На першому етапі дослідження проводилася оцінка мінерального складу ниркових каменів за допомогою інфрачервоної спектроскопії (ІЧС) на ІЧС-спектрофотометрі ІКС-29 (LOMO, РФ) в спектральному діапазоні 4000–400$см^{-1}$.

Кальцієвмісні ниркові камені надалі досліджувались на присутність ізотопів урану ^{235}U та ^{238}U на лінійному прискорювачі електронів Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» за допомогою гамма-активаційного аналізу. Для активації зразків було використано гальмівне гамма-випромінювання, яке генерується пучком електронів з енергією E=22 МеВ та током 500 мкА. Спектри гамма-випромінювання зразків після їх активації вимірювались на Ge(Li)-детекторі об'ємом 50 $см^3$ та енергетичним розподіленням 2,8 кеВ при енергії 1333 кеВ. Ідентифікація радіонуклідів проводилась по характерним гамма-лініям та періодам напіврозпаду ядер. Для кількісного визначення вмісту елементів в зразку використовувались спеціально виготовлені еталонні зразки.

Статистична обробка даних, отриманих у процесі дослідження, проводилася з використанням електронних таблиць Microsoft Office Excel 2016 ("Microsoft", США) та програми Statistica 10.0 ("StatSoft", США).

ISSN print 2414-4517, ISSN online 2710-1487, https://ecm.knmu.edu.ua, ekm.journal@knmu.edu.ua

Якісні дані подавалися у відсотках.

Протокол дослідження схвалено етичним комітетом КНП ХОР «Обласний медичний клінічний центр урології та нефрології ім. В.І Шаповала». Перед початком дослідження всі пацієнти були інформовані про цілі, завдання та метод дослідження, після чого добровільно підписали інформовану згоду.

Результати та їх обговорення

Кальцієвмісні мінерали є найбільш поширеним компонентом ниркових каменів у пацієнтів з сечокам'яною хворобою [10]. В нашому дослідженні, за результатами ІЧС, більшість (48 [84,2 %]) досліджуваних ниркових каменів мали у своєму складі кальцієві сполуки у вигляді моногідрату оксалата кальцію (вевелліт), дігідрату оксалата кальцію (ведделіт), фосфату кальцію (апатит, гідроксиапатит, фторапатит, карбонатапатит). Решта зразків (9 [15,8 %]) складалися з сечової кислоти. У більшості випадків (41 [72 %]) кальцієвмісні камені мали змішаний мінеральний склад, представлений двома та більше мінеральними компонентами. Найчастіше зустрічалися зразки, які являли собою комбінацію вевелліту та гідроксиапатиту у різних відсоткових співвідношеннях.

За результатами гамма-активаційного аналізу вміст ізотопів урану ^{235}U та ^{238}U був визначений у 13 (27 %) зразках кальцієвмісних ниркових каменів у кількості ~ 1 ppm (мкг/г) (*рисунок*).

Джерелами надходження урану в організм людини є вода та харчові продукти рослинного й тваринного походження [10]. Підвищені рівні ^{235}U та природного U були виявлені у питній воді, ґрунті та рослинах на території Харківської області [8]. Екскреція урану з сечею може викликати пошкодження ниркових структур, в особливості проксимальних канальців, які є мішенню для урану та інших актиноїдів [11]. Аналогічні зміни можуть відбуватися у разі депонування урану в ниркових каменях хворих на сечокам'яну хворобу. Нефротоксична дія урану доведена експериментальними й клінічними дослідженнями та характеризується зниженням клубочкової фільтрації, збільшенням екскреції електролітів (натрію, калію, магнію, кальцію та неорганічного фосфату), підвищенням активності лактатдегідрогенази, яка є неспецифічним маркером ураження ниркової тканини, а також ферментів-маркерів тубулярного пошкодження – N-ацетилглюкозамінідази та лужної фосфатази [12].

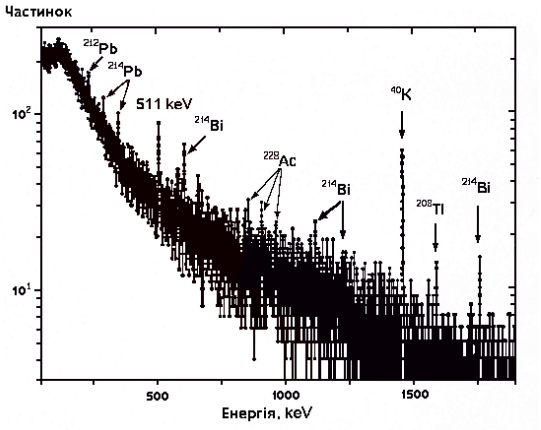

Рис. Спектр гамма випромінювання зразків кальцієвмісних ниркових каменів, виміряний після їх активації на лінійному прискорювачі електронів.

Примітки: використана диференційована шкала без рівномірного розподілу. Лінія ^{228}Ac відповідає розпаду урану.

Висновки

Ізотопи урану ^{235}U та ^{238}U, найбільш поширені актиноїди радіоактивно забруднених екосистем, депонуються в кальцієвмісних ниркових каменях хворих на сечокам'яну хворобу. Вміст даного актиноїда серед пацієнтів, які мешкають в Харківській області дорівнює ~ 1ppm (мкг/г). Своєчасне лікування сечокам'яної хвороби сприятиме мінімізації токсичної дії урану на ниркові структури.

Конфлікт інтересів відсутній.

ISSN print 2414-4517, ISSN online 2710-1487, https://ecm.knmu.edu.ua, ekm.journal@knmu.edu.ua

Література

1. Suhard D, Tessier C, Manens L, Rebiere F, Tack K, Agarande M, Gueguen Y. Intracellular uranium distribution: Comparison of cryogenic fixation versus chemical fixation methods for SIMS analysis. Microsc Res Tech. 2018;81(8):855-64. DOI: 10.1002/jemt.23047. PMID: 29737608.

2. Sridhara GR, Sridhar KN, Manjunatha HC, Ramalingam HB. Systematic study of the α decay properties of actinides. Pramana. 2019;93(5):14. DOI: 10.1007/s12043-019-1845-9.

3. Durakovic A. Medical effects of internal contamination with actinides: further controversy on depleted uranium and radioactive warfare. Environ Health Prev Med. 2016;21(3):111-7. DOI: 10.1007/s12199-016-0524-4. PMID: 27002520.

4. Gao N, Huang Z, Liu H, Hou J, Liu X. Advances on the toxicity of uranium to different organisms. Chemosphere. 2019;237:124548. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.124548. PMID: 31549660.

5. Reynard B, Balter V. Trace elements and their isotopes in bones and teeth. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2014;416:4-16. DOI: 10.1016/j.palaeo.2014.07.038.

6. Hummadi SS. Determination of uranium concentration in teeth female samples using fission tracks in CR-39 from dierent countries. J. lNahrain Univer. 2010;13(4):127-31. Available at: https://www.anjs.edu.iq/index.php/anjs/article/view/991

7. Singh P, Enders FT, Vaughan LE, et al. Stone Composition Among First-Time Symptomatic Kidney Stone Formers in the Community. Mayo Clin Proc. 2015;90(10):1356-65. DOI:10.1016/j.mayocp.2015.07.016. PMID: 26349951.

8. Dikiy NP, Dovbnya AN, Lyashko YuV, Medvedev DV, Medvedeva EP, Botova ID, et al. Radionuclide accumulation by objects of ecosystem. Problems of atomic science and technology (PAST). 2014;5:45-9. Available at: https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2014_5/article_2014_5_45.pdf

9. Khan SR, Pearle MS, Robertson WG, Gambaro G, Canales BK, Doizi S, et al. Kidney stones. Nat Rev Dis Primers. 2016;2:16008. DOI: 10.1038/nrdp.2016.8. PMID: 27188687.

10. Taylor DM, Taylor SK. Environmental uranium and human health. Rev Environ Health. 1997;12(3):147-57. DOI: 10.1515/reveh.1997.12.3.147. PMID: 9406286.

11. Gueguen Y, Rouas C. New data on uranium nephrotoxicity. Radioprotection. 2012;47:345-59. DOI: 10.1051/radiopro/2012015. PMID: 35457214.

12. Vicente-Vicente L, Quiros Y, Perez-Barriocanal F, Lopez-Novoa JM, Lopez-Hernandez FJ, Morales AI. Nephrotoxicity of uranium: pathophysiological, diagnostic and therapeutic perspectives. Toxicol Sci. 2010;118(2):324-47. DOI: 10.1093/toxsci/kfq178. PMID: 20554698.

Kolupayev S.M., Lisovyi V.M., Dikiy M.P., Medvedeva O.P., Cherniak M.I.

REGIONAL FEATURES OF ACTINIDES DEPOSITION IN KIDNEY STONES OF PATIENTS WITH UROLITHIASIS

Uranium is one of the most studied actinoids, widely used in the nuclear industry, and can accumulate in drinking water, soil, plants, and calcium-containing body tissues. The purpose of the work was to investigate the presence of uranium isotopes ^{235}U and ^{238}U in the composition of kidney stones of patients with urolithiasis living in the Kharkiv region. The content of ^{235}U and ^{238}U was investigated in samples of kidney stones obtained as a result of minimally invasive surgical interventions for urolithiasis in 57 patients, residents of the Kharkiv region, using gamma activation analysis on a linear electron accelerator. According to the results of our research ^{235}U and ^{238}U were detected in 13 (27%) samples of calcium-containing kidney stones, the mineral composition of which was represented by calcium oxalate monohydrate

ISSN print 2414-4517, ISSN online 2710-1487, https://ecm.knmu.edu.ua, ekm.journal@knmu.edu.ua

(wevellite), calcium oxalate dihydrate (weddellite) and phosphate-calcium compounds (apatite, hydroxyapatite, fluorapatite, carbonateapatite). The content of the above-mentioned isotopes in the composition of kidney stones was equal to ~ 1 ppm (mkg/g). We concluded that timely treatment of urolithiasis will help minimize the toxic effect of uranium on kidney structures.

Keywords: *uranium, Kharkiv region, uroliths.*

Надійшла до редакції 20.04.2022

Відомості про авторів

Колупаєв Сергій Михайлович – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри урології, нефрології та андрології ім. проф. Подрєза А.Г. Харківського національного медичного університету.

Адреса: Україна, 61037, м. Харків, пр. Героїв Харкова, 195.

E-mail: sm.kolupaiev@knmu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-7128-4555.

Лісовий Володимир Миколайович – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри урології, нефрології та андрології ім. проф. А.Г. Подрєза. Харківського національного медичного університету.

Адреса: Україна, 61037, м. Харків, пр. Героїв Харкова, 195.

E-mail: vm.lisovyi@knmu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-8149-1232.

Дикий Микола Петрович – доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, начальник відділу ядерної фізики Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут», м. Харків, Україна.

Адреса: Україна, 61108, м. Харків, вул. Академічна, 1.

E-mail: emedndik@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1289-625X.

Медведєва Олена Павлівна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут».

Адреса: Україна, 61108, м. Харків, вул. Академічна, 1.

Тел.: +38 (057) 700-51-60 (опублікований не буде).

E-mail: emedndik@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4765-5162.

Черняк Михайло Євгенович – PhD, асистент кафедри громадського здоров'я та управління охороною здоров'я Харківського національного медичного університету, м. Харків, Україна.

Адреса: Україна, 61022, м. Харків, пр. Науки, 4.

Тел.: (опублікований не буде).

E-mail: mycherniak.4m20@knmu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-7425-659X.