

**АНАЛИЗ НА НЕОБХОДИМОСТТА ОТ НОВИ ПОДХОДИ ПРИ
АКТИВАЦИОННИЯ АНАЛИЗ И РАДИОХИМИЯТА НА ЗНАЧИМИ ЗА
ЧОВЕКА И ОКОЛНАТА СРЕДА ТЕХНОГЕННИ РАДИОНУКЛИДИ**

Младен Митев, Мария Манолова, Добромир Димитров, Любен Добрев

**ANALYSES OF THE NECESSITY FOR NEW APPROACHES IN
ACTIVATION ANALYSES AND RADIOCHEMISTRY OF TECHNOGENIC
RADIONUCLIDES IMPORTANT FOR PEOPLE AND THE ENVIRONMENT**

Mladen Mitev, Mariya Manolova, Dobromir Dimitrov, Lyuben Dobrev

The neutron activation is found to have important application in monitoring activities related to irradiation with neutrons and gamma quanta such as radiation treatment of tumors, development of radiation protection measures in hospitals and repositories for radioactive waste, determination of the remaining lifetime of nuclear power reactors, radiological characterization of shut down nuclear facilities for decommissioning purposes. A major problem for the use of activation detectors is the difficulty to measure experimentally their precise activity, and the high level of radiation exposure of the personnel performing the measurements. It can be shown that new approach for radiochemical separation of the activated chemical elements can be applied by means of specific ion exchange resins. The applicability of the new instrumental approach to determine the specific activity of elements important for the industry like Nb-93m, and also for the environment like Cs-137 may be justified. The analyzed approaches may lead to significantly higher accuracy in the measurements of important materials for the nuclear industry. Their effective application could significantly reduce the time to perform measurements of activated materials and respectively the level of exposure of the personnel in nuclear experimental laboratories, as well as to bring new knowledge in the field of neutron activation that could serve as a basis for developing a wide range of methodologies in the field of radiation therapy, nuclear energy and radiation protection.

Въведение

Разработването на нови подходи и технологии в областта на радиохимичните изследвания и активационния анализ е изключително належащо във връзка с непрекъснатото усъвършенстване на използваните технически средства и до голяма степен се определя от постоянното съвременяване на международните стандарти и добри световни практики в областта на ядрените методи. У нас, а и в Европа, изследванията са насочени предимно към резултатите от приложението на тези методи, като се използват познати и вече утвърдени практики и методики, в които не са отразени новите технически средства, намиращи се на разположение на учените. Това води до неоправдано големи разходи на време, материални и човешки ресурси и предопределя получаването на резултати с високи неопределености на важни за здравето и живота величини. Именно затова получаването на нови подходи в областта на радиохимичните изследвания и активационния анализ е в унисон с приоритетите, заложи в Националната стратегия за научни изследвания, а следователно и с приоритетите на ЕС, на чиято основа са поставени националните приоритети. Получаването на нови методологии, като резултат от проведените изследвания на нови подходи биха могли да доведат до по-малко радиоактивни отпадъци, получени вследствие на човешката дейност, и до намалено облъчване на персонала, зает с лабораторни дейности в науката, медицината и индустрията. Такива изследвания са в съзвучие и със следните три от националните и европейските приоритети в областта на научните изследвания:

- Енергия, енергийна ефективност и транспорт. Развитие на зелени и еко-технологии;
- Здраве и качество на живота, биотехнологии и екологично чисти храни;
- Нови материали и технологии.

Освен това изследванията създават предпоставка за иновации в областта на радиохимията, които от своя страна също могат да доведат до по-високо качество на научните изследвания и по-ниско радиационно натоварване на научния персонал.

Анализ на съществуващите методологии и възможностите за нови подходи при активационния анализ и радиохимията на значими за човека и околната среда техногенни радионуклиди

Прилагането на активационен анализ като научен метод има дълга история в световната и в българската наука. Разработени са редица подходи в областта. В последните 20 години, поради естественото отте-

гляне на утвърдените български учени и получила се пропаст между поколенията, е налице значително забавяне на научните изследвания в областта на активационните и радиохимичните анализи и подходите за тяхното осъществяване. Понастоящем научните изследвания в областта на активационния анализ [1] са съсредоточени в Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика на Българската академия на науките и във Физическия факултет на Софийски университет „Св. Кл. Охридски“. Методите за радиохимична обработка на изследваните образци са стандартни и добре познати в практиката и водят до значително радиационно натоварване на изследователите в процеса на провеждане на техните научни изследвания. Същевременно развитието на химията и приложната радиохимия дава основание да се смята, че е възможно чрез използване на нови за познатите методики съединения, да бъде разработена нова технология за радиохимична обработка. Наличните съвременни йонно-обменни съединения например имат широко приложение в химичната област, но тяхната приложимост в радиохимията е малко изследвана, въпреки наличните перспективи за по-висока прецизност на изследванията.

Изолирането и последващото определяне на радиоактивни изотопи в различни сложни материални среди чрез използване на стандартни радиохимични методи има широко приложение. Те се използват най-вече за оценка на чистотата и качеството на водите, предназначени за различни цели включително и питейно-битови, за анализ и контрол на чистотата на множество селскостопански продукти и храни, предназначени за човешка консумация, за радиологични и екологични оценки на околната среда и при характеризиране на специфични матрици с ниски концентрации на радиологично значими радионуклиди. Определят се концентрации на радионуклиди в растителни видове и морски водоросли, подходящи за провеждане на радиоекологичен мониторинг, като по този начин се следи за замърсяването на околната среда в следствие на човешката дейност. Активационният анализ от своя страна се използва широко в дейностите свързани с оценка на качествата на различни ядрени инструменти като експериментални канали, медицински и научни ускорители, експериментални и енергийни ядрени реактори и др. Комбинирането на съвременните радиохимични методи за анализ с неутронно-активационен анализ, заедно с използването на съвременни ядрено-физични методи за измерване би довело до значително подобряване на точността и бързината на измерването и би дало тласък на научните изследвания в областите на тяхното приложение.

Следователно, възниква необходимост от изследване на нови подходи и разработване, оптимизиране и валидиране на нови, бързи и лесни за

изпълнение комплексни методи за анализи на сложни материални матрици, при които се използва минимално количество изходна проба и в същото време се гарантира получаване на точни и възпроизводими резултати, а в редица случаи да са приложими и за рутинни анализи. Това прави прилагането им особено ценно във връзка с намаляване на времето за получаване на крайните резултати, значителното минимизиране на количествата генерирани вторични радиоактивни отпадъци и по-ниското дозово натоварване на персонала, извършващ радиохимичната обработка на важните за индустрията и околната среда елементи Cs-137 и Nb-93m [2]. За предварителна научна обосновка на търсения ефект може да бъде използвано прецизно моделиране на процеса на активация, посредством модерните неутронно-физични програмни пакети SCALE [3] и MCNP [4] с използване на най-новите версии на постоянно обновяваните библиотеки със сечения за ядрени взаимодействия: JEFF [5], ENDF [6] и JENDL [7]. Специфичните активности на материалите могат да бъдат определени чрез стандартните инструментални методи. Този подход може да послужи за отправна точка в изследването на наличните нови материали, чрез които посредством йонен обмен да бъде извършено радиохимичното разделяне на радиоактивните химични елементи Cs-137 и Nb-93m. Получените резултати за специфичните активности да бъдат сравнени с получените по стандартните методи, с теоретично моделираните и с данни от световната практика. Така едновременно могат да бъдат получени резултати за свойствата на изследваните материали, като обект на радиохимията и за точността на библиотеките със сечения за взаимодействие, използвани при теоретичното моделиране на ядрени реакции за активация на химични елементи.

Заклучение

Анализирана е възможността за прилагане на нови подходи при активационния анализ и радиохимията на значими за човека и околната среда техногенни радионуклиди. Изследвани са предпоставките за тяхното научно търсене и са идентифицирани изотопите, при които има най-голяма необходимост от използването на съвременни съединения за радиохимично разделяне за целите на активационния анализ. Описан е адекватен научен подход за оценка на очакваните резултати. Обосновани са научните ползи от провеждането на изследване за намиране на нови подходи при активационния анализ и радиохимията на значими за човека и околната среда техногенни радионуклиди.

Използвана литература:

- [1] Schotzig, U., Schrader, H., *Halbwertszeiten und Photonen-Emissionswahrscheinlichkeiten von häufigverwendeten Radionukliden, 5. erweiterte und korrigierte Auflage, PTB-Bericht PTB-Ra-16/5, Braunschweig, May 2000, ISBN 3-89701-279-0.*
- [2] Agulyansky, A. 2004. *The Chemistry of Tantalum and Niobium Fluoride Compounds.* Elsevier, Amsterdam.
- [3] B. T. Rearden and M.A. Jessee, Eds., *SCALE Code System, ORNL/TM-2005/39, Version 6.2.3, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee (2018).*
- [4] C.J. Werner (editor), „MCNP Users Manual - Code Version 6.2“, LA-UR-17-29981
- [5] [December, 2019]: *JEFF-3.3.1 Activation file*
- [6] Herman M., Trkov A. and Brown D., *CSEWG Document ENDF-102 ENDF-6 Formats Manual, BNL, 2018*
- [7] O. Iwamoto, N. Iwamoto, K. Shibata, A. Ichihara, S. Kunieda, F. Minato, and S. Nakayama, „Status of JENDL“, *EPJ Web of Conferences, 239, 09002_1-6 (2020).*

Автори:

гл. ас. д-р Младен Митев, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика към Българската академия на науките, shisho@mail.bg
доц. д-р Мария Манолова, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика към Българската академия на науките
ас. Добромир Димитров, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика към Българската академия на науките
ас. Любен Добрев, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика към Българската академия на науките