

О. О. Парлаг¹, В. Т. Маслюк¹, І. С. Потокі¹, П. Б. Арясов², О. І. Коханюк³

¹ Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород

² Інститут радіаційного захисту АТН України, Київ

³ Обласна державна лабораторія ветеринарної медицини в Закарпатській області, Ужгород

ВМІСТ ¹³⁷Cs В ЇСТІВНИХ ГРИБАХ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Проведено аналіз вмісту ¹³⁷Cs в їстівних грибах (*Boletus edulis* Bull.: Fr. та *Leccinum scabrum* (Bull.: Fr.) S.F.Gray) Закарпатської області. Питома активність ¹³⁷Cs в зібраних грибах не перевищує 354 ± 53 Бк/кг (у сухій речовині). Проведена оцінка внеску в дозу внутрішнього опромінення населення при вживанні 1 кг грибів.

Ключові слова: їстівні гриби, ¹³⁷Cs, гамма-спектрометрія, питома активність, доза внутрішнього опромінення.

Вступ

У результаті аварії на ЧАЕС у навколишнє середовище була викинута значна кількість різних радіонуклідів техногенного походження з сумарною активністю близько 90 МКі [1], до складу яких в значній кількості входив ¹³⁷Cs, який є аналогом біогенного елемента – калію. Як відомо, цей радіонуклід активно включається в харчові ланцюжки і може створювати значні дозові навантаження на населення навіть через багато років після аварії [2].

Ліси є критичними з погляду формування значних доз внутрішнього опромінення населення при вживанні лісових харчових продуктів, головним чином грибів [3]. Це обумовлено такими факторами: щільністю радіоактивного забруднення в лісах, яка в середньому на 25 - 30 % вища, ніж на неозелених територіях, розташованих поряд [4]; значно вищим (на один - три порядки) коефіцієнтом переходу ¹³⁷Cs до харчових продуктів лісу у порівнянні з сільськогосподарськими продуктами [5]; надзвичайно низькими темпами процесу аутореабілітації лісових ландшафтів [6], що визначаються, головним чином, швидкістю фізичного розпаду, вертикальною міграцією радіонуклідів та давнім, традиційним масовим використанням харчових продуктів лісу населенням.

Результати досліджень указують на тісний зв'язок між споживанням харчових продуктів лісу та вмістом ¹³⁷Cs в організмі місцевих жителів [7, 8]. Внесок харчових продуктів лісу в дозу внутрішнього опромінення надзвичайно широко варіює - від 12 ÷ 40 % у всього населення до 50 ÷ 95 % у його критичних групах за рахунок значного споживання харчових продуктів лісу [9], а також залежно від щільності забруднення території, лісорослинних умов, видового складу та ресурсів грибів і місцевих особливостей дієти та кулінарної обробки [10].

Використання їстівних грибів лімітується переважно вмістом ¹³⁷Cs, оскільки вони є інтенсив-

ними його (¹³⁷Cs) накопичувачами. ⁹⁰Sr дуже слабо акумулюється в їстівних грибах, за винятком лисичок та трутових грибів [11, 12], а вміст природних радіонуклідів (членів ланцюжків рядів розпаду ²³²Th і ²³⁸U) загалом нижче межі їхнього виявлення [13, 14]. Тому дослідження вмісту ¹³⁷Cs в їстівних грибах для місць їхнього традиційного збору та заготівлі на окремих територіях – надзвичайно актуальна задача, оскільки дає змогу оцінити внесок у дозу внутрішнього опромінення населення від їхнього споживання.

Метою даної роботи є визначення вмісту ¹³⁷Cs в їстівних грибах (білих (*Boletus edulis* Bull.: Fr.) та підберезниках (*Leccinum scabrum* (Bull.: Fr.) S.F.Gray)), зібраних на території Закарпатської області, та розрахунок внеску в дозу внутрішнього опромінення від вживання грибів у їжу.

Експериментальна частина

Для досліджень використовувалися дикорослі гриби: білі (*B. edulis*) та підберезники (*L. scabrum*), які належать до групи грибів помірного накопичення радіонукліда ¹³⁷Cs [12].

Збір грибів проводився в серпні - вересні 2011 р. Гриби збиралися в лісових масивах біля сіл Анталовці (Ужгородський район), Сухій (Великоберезнянський район), Холмовець (Виноградівський район), Липча (Хустський район), Новоселиця (Міжгірський район), Руська Мокра (Тячівський район), Ясіня (Рахівський район) Закарпатської області – у місцях традиційної їхньої заготівлі (рис. 1).

Гриби очищали від часточок ґрунту й рослинних решток, висушували при 40 ÷ 50 °С і розміщували у стандартних герметичних контейнерах із пластмаси товщиною 0,1 мм та об'ємом 0,5 дм³, в яких і проводилися подальші вимірювання їхньої гамма-активності. Суха маса відібраних зразків грибів на території Закарпатської області становила від 0,040 до 0,120 кг.



Рис. 1. Точки, в яких проводився збір грибів (1 – с. Анталовці; 2 – с. Сухій; 3 – с. Холмовець; 4 – с. Липча; 5 – с. Новоселиця; 6 – с. Руська Мокра; 7 – с. Ясіня).

Вимірювання питомої активності ^{137}Cs у пробах грибів проводили в низькофоновій лабораторії відділу фотоядерних процесів ІЕФ НАН України. Для досліджень використовувався сертифікований гамма-спектрометричний комплекс "SBS-40" з коаксіальним напівпровідниковим Ge(Li)-детектором, який знаходився в комбінованому захисті, що давало змогу зменшити власний фон відносно фонових умов лабораторії [15, 16].

Калібрувальні вимірювання залежності ефективності реєстрації від енергії гамма-квантів проводилися із застосуванням атестованих об'ємних радіоізотопних джерел ^{137}Cs типу РДСП № 20-5 з питомими активностями 91, 197 та 308 Бк/кг (маса та об'єм дорівнювали 0,5 кг і 0,5 дм³ відповідно). Ефективність спектрометра ϵ_E для фотопіка ^{137}Cs з енергією 661,6 кеВ дорівнює $1,4 \cdot 10^{-3}$. Роздільна здатність спектрометра становила 3,5 кеВ для лінії ^{60}Co (1332,2 кеВ).

Вимірювання абсолютної активності проб проводилися в однакових геометричних умовах. Час вимірювання становив 50000 с. Під час проведення вимірювань проб грибів здійснювався контроль роботи спектрометричного комплексу по таких параметрах: дрейф каналів, роздільна здатність та ефективність реєстрації випромінювання гамма-квантів. Зміна вказаних параметрів

протягом часу вимірювань не перевищувала 1 %.

Мінімальна активність (МДА), що детектується, при визначенні питомої активності ^{137}Cs у пробах грибів, що вимірювались, нижче 10 Бк/кг.

На рис. 2 представлено типові гамма-спектри проби грибів *B. edulis* (с. Липча) та власного фону спектрометра.

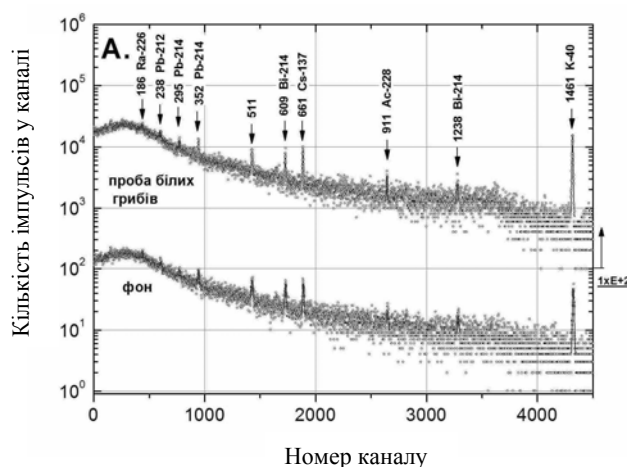


Рис. 2. Гамма-спектри грибної проби (*B. Edulis*, с. Липча) та фону. Час вимірювання 50000 с.

Абсолютна активність радіонукліда А для піка повного поглинання з енергією Е задається співвідношенням [4, 5, 14]

$$A = \frac{S_p - S_f}{\epsilon_E \cdot t \cdot I_\gamma} \quad (1)$$

де S_p і S_f – площі піка повного поглинання з енергією E та фону; ϵ_E – ефективність детектора для енергії $E = 661,6$ кеВ; t – “живий” час вимірювання; $I_\gamma = 0,851$ – квантовий вихід (кількість гамма-квантів на розпад) для даної енергії E .

Питома активність радіонукліда A_m розраховується за формулою

$$A_m = \frac{A}{m}, \quad (2)$$

де A – абсолютна активність радіонукліда, Бк; m – маса зразка, кг.

Статистична похибка виміряних інтенсивностей фотопіків ^{137}Cs становила $\sim 6 \div 8$ %. Похибка визначення питомої активності ^{137}Cs не перевищувала 10 %.

Результати досліджень та їхнє обговорення

Значення питомої активності ^{137}Cs у пробах білих грибів (*B. edulis*) та підберезників (*L. scabrum*), зібраних на території Закарпатської області, знаходяться в межах $107 \pm 16 \div 354 \pm \pm 53$ Бк/кг та $82 \pm 8 \div 182 \pm 27$ Бк/кг на суху масу відповідно. Це значно менше (приблизно у 7 і 13 разів для білих грибів (*B. edulis*) та підберезників (*L. scabrum*) відповідно) допустимого рівня вмісту радіонукліда ^{137}Cs у сушених дикорослих грибах, що дорівнює 2500 Бк/кг [17].

Отримані дані (для *L. scabrum*) узгоджуються з результатами роботи [18], в якій проведено дослідження динаміки вмісту ^{137}Cs у дикорослих грибах і зареєстровано найнижчий рівень питомої активності ^{137}Cs у підберезників.

На думку Н. Зарубіної [18], відмінність питомої активності ^{137}Cs в грибах пов’язана з видовою приналежністю, характеристикою ґрунтів, погодних умов та конкретним періодом вегетаційного сезону. Залежно від періоду вегетаційно-

го сезону та погодних умов фізіологічні процеси, що відбуваються в міцелії грибів-симбіотрофів, можуть розрізнятися. Це, у свою чергу, призводить до значних змін рівнів питомій активності ^{137}Cs в міцелії, а отже, і в плодових тілах грибів протягом вегетаційного періоду. Залежно від забруднення ґрунтів і виду грибів вміст ^{137}Cs в них восени збільшується в $1,1 \div 30$ разів в порівнянні з початком вегетаційного сезону.

Можливий ризик впливу радіоактивності на людське здоров’я виражає ефективна доза. Межа річної ефективної дози для категорії В (населення) встановлена в розмірі 1 мЗв [19].

Використовуючи результати вимірювань питомої активності ^{137}Cs в грибах, можна оцінити внесок у середню річну ефективну дозу для групи населення по внутрішньому опромінюванню при пероральному надходженні.

Внесок у щорічну ефективну дозу для дорослої людини від споживання грибів (сухої речовини) обчислюється згідно з [20, 21]:

$$E = M \cdot A_m \cdot dk \cdot K_i, \quad (3)$$

де M – річне споживання грибів дорослою людиною, кг сухої речовини; A_m – питома активність ^{137}Cs в грибах, Бк/кг сухої речовини; dk – дозовий коефіцієнт для харчового шляху надходження ^{137}Cs в організм людини (для дорослих чоловіків і жінок набуто середнє значення $dk = 1,3 \cdot 10^{-5}$ мЗв/Бк); K_i – коефіцієнт зниження вмісту ^{137}Cs в готовому харчовому продукті у порівнянні з початковим, унаслідок його кулінарної обробки (відн. од.); $K_i = 0,5$ для грибів.

При споживанні 1 кг сухих грибів, зібраних на території Закарпатської області, з питомими активностями $82 \pm 8 \div 354 \pm 53$ Бк/кг (по ^{137}Cs) внесок у дозу внутрішнього опромінювання становить $\sim 0,001 \div 0,005$ мЗв. Це значно менше дози опромінення (0,021 мЗв), утвореної при споживанні 1 кг сухих грибів із допустимим рівнем вмісту радіонукліда ^{137}Cs [17].

При проведенні розрахунків коефіцієнт K_i не враховувався.

Питома активність ^{137}Cs у істівних грибах (сухої маси)

Вид грибів	Місце збору	Дата збору	Питома активність, Бк/кг
Білі	с. Анталовці, Ужгородський р-н	24.09.11	206 ± 31
Білі	с. Сухий, Великоберезнянський р-н	20.09.11	337 ± 51
Білі	с. Холмовець, Виноградівський р-н	28.08.11	225 ± 34
Білі	с. Липча, Хустський р-н	29.08.11	107 ± 16
Білі	с. Новоселиця, Міжгірський р-н	23.08.11	168 ± 25
Білі	с. Руська Мокра, Тячівський р-н	16.08.11	354 ± 53
Білі	с. Ясіня, Рахівський р-н	04.09.11	258 ± 39
Підберезники	с. Анталовці, Ужгородський р-н	24.09.11	144 ± 12

Продовження табл.

Вид грибів	Місце збору	Дата збору	Питома активність, Бк/кг
Підберезники	с. Холмовець, Виноградівський р-н	28.08.11	82 ± 8
Підберезники	с. Липча, Хустський р-н	29.08.11	107 ± 16
Підберезники	с. Новоселиця, Міжгірський р-н	23.08.11	182 ± 27
Підберезники	с. Руська Мокра, Тячівський р-н	16.08.11	101 ± 15

Висновки

Визначено вміст ^{137}Cs в їстівних грибах (*Boletus edulis* та *Leccinum scabrum*), зібраних на території Закарпатської області в серпні - вересні 2011 р. Установлено, що питома активність ^{137}Cs у пробах грибів значно менше (приблизно у 7 і 13 разів для *Boletus edulis* та *Leccinum scabrum*

відповідно) допустимого рівня вмісту радіонукліда [17].

Проведені оцінки показали, що внесок у сумарну дозу опромінення населення при споживанні 1 кг сухих грибів незначний ($\sim 0,001 \div 0,005$ мЗв) для всіх досліджених місць їхнього збору.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Горбачева Н.В., Молодых В.Г., Панитков Ю.С. Оценка состава и величины выброса радионуклидов во время аварии на ЧАЭС. - Минск, 1994. - 31 с. - (Препр. / НАН Беларуси. Ин-т радиоэкологич. пробл.; ИРЭП-7).
2. Лихтарев И.А., Ковган Л.Н. Общая структура Чернобыльского источника и дозы облучения населения Украины // Междунар. журн. радиац. медицины. - 1999. - № 1(1). - С. 29 - 34.
3. Орлов А.А., Краснов В.П., Прищепка А.Л. Радиоактивно загрязненные леса, как критические ландшафты: радиоактивность пищевых продуктов и влияние на формирование дозы внутреннего облучения населения (аналитический обзор). - Житомир: ЖИТИ, 2002. - 104 с.
4. Тихомиров Ф.А., Щеглов А.И. Последствия радиоактивного загрязнения лесов в зоне влияния аварии на ЧАЭС // Радиационная биология. Радиоэкология. - 1997. - Т. 37, вып. 4. - С. 664 - 672.
5. Булавик И.М. Обоснование лесопользования в условиях радиоактивного загрязнения Белорусского Полесья: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. н. - Гомель, 1998. - 39 с.
6. Долін В.В. Перспективи природно-антропогенної ремедіації радіаційно-забруднених агроєкосистем // Доп. НАН України. - 2000. - № 12. - С. 215 - 219.
7. Jacob P., Likharev I. Pathway analysis and dose distributions // Final report of joint study project 5. - Luxembourg, 1996. - 190 p.
8. Кадука М.В. Роль грибів в формуванні дози внутрішнього облучення населення після аварії на Чернобыльській АЭС: Дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.01 «Радиобиология». - Обнинск, 2001. - 152 с.
9. Gyriy V., Yaskovets I., Kutlakhmedov Yu. et al. Contribution of forest ecosystem to dose formation for inhabitants of the Ukrainian Polesie // Contaminated forests. Recent developments in risk identification and future perspectives / Eds. I. Linkov, W.R. Shell. - Dordrecht-Boston-London: Kluwer academic publishers, 1999. - P. 325 - 332.
10. Kenigsberg J., Buglova E.E. Dose formation of internal exposure according to peculiarities of caesium radionuclides transfer by food chain and efficiencies of countermeasures // Belarus-Japan symposium "Acute and late consequences of nuclear catastrophes": Proc. - Minsk, 1994. - P. 82 - 96.
11. Краснов В.П. Наукові основи використання продукції лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення лісів: Автореф. дис. ... д-ра сільськогосп. наук: спец. 06.03.03. "Лісознавство і лісівництво". - К., 2000. - 29 с.
12. Краснов В.П., Орлов А.А., Бузун В.А. и др. Прикладная радиоэкология леса. - Житомир: Полісся, 2007. - 680 с.
13. Alvarado E., Segovia N., Gaso M.I. et al. Armienta Natural and man-made radionuclides in the soil of a nuclear facility site located in a coniferous forest in central Mexico // Geofisica International. - 2002. - Vol. 41, No. 4. - P. 363 - 367.
14. Şeref Turhana, Abdullah Köseb, Ahmet Varinlioğlub. Radioactivity levels in some wild edible mushroom species in Turkey // Isotopes in Environmental and Health Studies. - 2007. - Vol. 43, Is. 2. - P. 249 - 256.
15. Парлаг О., Маслюк В. Практика екологічного моніторингу гамма-активних нуклідів Закарпаття // Тези доп. міжнар. наук.-практ. конф. "І Всеукраїнський з'їзд екологів". 4 - 7 жовтня 2006 р., Вінниця. - С. 173.
16. Парлаг О.О., Стець М.В., Маслюк В.Т. та ін. Про спектральний склад природної гамма-активності // Вісник Ужгород. ун-ту. Сер. Фізика. - 1999. - № 5. - С. 129 - 133.
17. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді. (ДР-97). Державні гігієнічні нормативи. МОЗ України. - К., 1997. - 10 с.
18. Зарубина Н.Е. Сезонная динамика содержания ^{137}Cs в грибах // Ядерная физика та енергетика. - 2007. - № 19 (1). - С. 129 - 133.
19. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Міністерство охорони здоров'я України. Комітет з питань гігієнічного регламентування. Національна комісія з радіаційного захисту населення України. - К., 1997.

20. *Age dependent doses to members of the public from intake of radionuclides. Part 5. Compilation of ingestion and inhalation dose coefficients.* Publ. No. 72. Annals of the ICRP (International Commission for Radiation Protection). - 1996. - Vol. 26 (1). - Oxford, UK: Pergamon Press.
21. *Оценка средних годовых эффективных доз облучения критических групп жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. Методические указания.* МУ 2.6.1.2003-05 Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации. - М., 2005.

О. А. Парлаг, В. Т. Маслюк, И. С. Поток, П. Б. Арясов, О. И. Коханюк

СОДЕРЖАНИЕ ^{137}Cs В СЪЕДОБНЫХ ГРИБАХ ЗАКАРПАТСКОЙ ОБЛАСТИ

Проведен анализ содержания ^{137}Cs в съедобных грибах (*Boletus edulis* Bull.: Fr. и *Leccinum scabrum* (Bull.: Fr.) S.F.Gray) Закарпатской области. Удельная активность ^{137}Cs в собранных грибах не превышает 354 ± 53 Бк/кг (в сухом веществе). Проведена оценка вклада в дозу внутреннего облучения населения при употреблении 1 кг грибов.

Ключевые слова: съедобные грибы, ^{137}Cs , гамма-спектрометрия, удельная активность, доза внутреннего облучения.

О. О. Parlag, V. T. Maslyuk, I. S. Potoki, P. B. Aryasov, O. I. Kokhanyuk

^{137}Cs CONTENT IN EDIBLE MUSHROOMS OF THE TRANSCARPATHIAN REGION

Edible mushrooms (*Boletus edulis* Bull.: Fr. and *Leccinum scabrum* (Bull.: Fr.) S.F.Gray) of Transcarpathian region were analyzed on content of ^{137}Cs . Specific activity of ^{137}Cs in collected mushrooms did not exceed 354 ± 53 Bq/kg (dry substance). Estimation of the contribution into internal exposure dose of population for the condition of 1 kg of mushrooms consumption is carried out.

Keywords: edible mushrooms, ^{137}Cs , gamma-spectrometry, specific activity, internal exposure dose.

Надійшла 20.12.2012

Received 20.12.2012