

**О. І. Лісовець<sup>✉</sup>, І. С. Серченко**

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,  
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ БЕТА-РАДІОАКТИВНОСТІ ДЕЯКИХ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН ДНІПРОПЕТРОВЩИНИ**

У роботі розглядаються результати досліджень, проведених у лабораторії радіоекології ДНУ. Отримано відомості про бета-радіоактивність дев'яти видів лікарських рослин з двох типів місцезростань – лучного біоценозу на околицях смт Кіровське Дніпропетровського району та бур'янисто-лучного угруповання в межах м. Кам'янське Дніпропетровської області. В умовно чистому місцезростанні найнижчими показниками бета-радіоактивності в надземних органах характеризуються полин гіркий та грицики звичайні, найвищими – звіробій звичайний та деревій майже звичайний. У підземних органах найвищі показники бета-радіоактивності зафіксовані у полину звичайного та звіробою, найнижчі – у меліси та валеріани. В умовах промислового забруднення найнижчі показники бета-радіоактивності в надземних органах виявлені у полину та ромашки аптечної, у підземних – у пижма звичайного та деревію майже звичайного. Найвищі значення бета-радіоактивності в цих умовах зареєстровані в надземних органах пижма звичайного та звіробою звичайного і в підземних частинах меліси лікарської та звіробою звичайного. Аналіз показав, що на показники бета-радіоактивності досліджених лікарських рослин антропогенний фактор (забруднення) має статистично доведений вплив (з вірогідністю  $P = 0,999$ ). Показники сили впливу виявилися високими – від 67 до 85 %. Антропогенне забруднення спричиняє найбільший вплив на бета-радіоактивність підземних органів досліджених лікарських рослин. Виявлена тенденція відображає відому закономірну залежність – чим далі по транспортному ланцюжку від кореня знаходиться орган, тим менше радіонуклідів він нагромаджує.

*Ключові слова:* бета-радіоактивність, біолого-екологічні властивості, лікарські рослини, антропогенний фактор.

**О. І. Lisovets<sup>✉</sup>, I. S. Serchenko**

*Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine*

### **RESEARCH OF BETA-RADIOACTIVITY OF CERTAIN MEDICINAL PLANTS OF DNIPRO AREA**

In the course of research conducted in the laboratory of radioecology of DNU, information was obtained on the beta-radioactivity of nine species of medicinal plants from two types of habitats – meadow biocenosis on the outskirts of the village. Kirovsky Dnipro region and a weed-meadow group near the town of Kamyanske, Dnipro area. Beta-radioactivity of the studied medicinal plants varied in the range

---

✉ Tel.: +38050-421-69-69. E-mail: lisovetselena@gmail.com

DOI: 10.15421/442105

from  $1.18 \times 10^{-5}$  Bq to  $19.09 \times 10^{-5}$  Bq at relatively clean habitats and from  $18.35 \times 10^{-5}$  Bq to  $82.95 \times 10^{-5}$  Bq on the anthropogenically polluted area. In a relatively clean habitat, the lowest indicators of beta-radioactivity in aboveground organs are characterized by *Artemisia vulgaris* L. and *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medikus, the highest – *Hypericum perforatum* L. and *Achillea submillefolium* Klokov & Krytzka. In the underground organs, the highest indicators of beta-radioactivity were recorded in *Artemisia vulgaris* and *Hypericum perforatum*, the lowest – in *Melissa officinalis* L. and *Valeriana officinalis* L. Under conditions of industrial pollution, the lowest indicators of beta-radioactivity in aboveground organs were found in *Artemisia vulgaris* and *Matricaria recutita* L., in underground – in *Tanacetum vulgare* L. and *Achillea submillefolium*. The highest values of beta-radioactivity in these conditions were registered in the aboveground organs of *Tanacetum vulgare* and *Hypericum perforatum* and in the underground parts of *Melissa officinalis* and *Hypericum perforatum*. The analysis showed that the anthropogenic factor (pollution) has a statistically proven effect on the beta-radioactivity of the studied medicinal plants (with a probability of  $P = 0.999$ ). Indicators of the strength of influence were high – from 67 to 85%. Anthropogenic pollution has the greatest impact on the beta-radioactivity of underground organs. The identified trend reflects a well-known natural dependence – the farther along the transport chain from the root is the body, the less, as a rule, it accumulates radionuclides. The detected values of beta-radioactivity, including in the industrially contaminated area are not dangerous with a single use of the studied medicinal plants. However, medicinal plants collected in the contaminated area due to increased beta-radioactivity can cause damage with prolonged systematic use due to the cumulative effect and are therefore not recommended for use.

*Key words:* beta-radioactivity, biological-ecological properties, medicinal plants, anthropogenic factor.

## Вступ

Останніми десятиліттями до природних джерел іонізуючих випромінювань, що впливають на окремі організми та на екосистеми, додалися штучні, зумовлені людською діяльністю. До них відносяться випробування ядерної зброї в різних середовищах Землі; промислові процеси, в яких використовуються штучні й природні радіонукліди; наукові дослідження із застосуванням методу мічених радіоактивних атомів; атомна енергетика. Дедалі ширше використовуються джерела іонізуючих випромінювань у медичній практиці для діагностики й терапії [2, 3, 4, 14].

Особливої актуальності проблеми радіоекології набули після аварії на Чорнобильській АЕС, результатом якої стало глобальне забруднення значних територій Європи штучними радіоактивними елементами. Ця катастрофа загострила увагу вчених на необхідності дослідження біологічного впливу іонізуючого випромінювання на живі організми, їх популяції та біоценози. В останні десятиліття все більше уваги приділяється впливу малих доз іонізуючого випромінювання на біосистеми, а також вивченню спільної дії цього випромінювання та звичайних біотичних і абіотичних факторів, які постійно впливають на тварини і рослини у середовищі їх існування [13, 16, 17]. В результаті появи в біосфері додаткової кількості джерел опромінення живі

організми почали піддаватися не тільки опроміненню природним радіоактивним фоном, а й впливу випромінювань штучних радіоактивних елементів. У популяцій, які потрапляють під вплив опромінення, виникають радіаційно-генетичні зміни, зростає природний мутаційний темп, відбуваються зсуви радіостійкості на популяційному рівні.

Забруднення штучними радіонуклідами значних територій загостило увагу радіоекологів на вивченні шляхів міграції радіонуклідів у біосфері. Радіоактивні речовини (зокрема, довгоживучі радіонукліди стронцію-90 та цезію-137) мігрують по певних біологічних ланцюжках, наприклад, ґрунт–рослина–тварина–людина. Тому вивчення міграції штучних радіонуклідів у біоценозах і по ланцюжках живлення необхідне для оцінки рівнів накопичення їх в окремих ланках біологічних ланцюжків і можливих наслідків створюваного ними додаткового опромінення рослин, тварин і людини [6, 13, 16, 17].

Ряд природних і штучних радіоактивних елементів зазнають розпад з випусканням електронів і позитронів. Електрони і позитрони, що випускаються ядрами, називаються бета-частинками або бета- випромінюванням, а самі ядра – бета-активними. Якщо в ядрі є надлишок нейтронів, то відбувається електронний бета-розпад. При цьому виді ядерних перетворень один з нейтронів перетворюється в протон, а ядро випускає електрон і антинейтрино і виникає ядро нового елемента при незмінному масовому числі [2, 6].

До ізоотопів, що є джерелом природного бета-випромінювання, відносяться ізоотопи калію –  $^{40}\text{K}$ , кальцію –  $^{48}\text{Ca}$ , рубідію –  $^{86}\text{Rb}$ , цирконію –  $^{96}\text{Zr}$ , лантану –  $^{138}\text{La}$ , самарію –  $^{147}\text{Sm}$ , лютецію –  $^{176}\text{Lu}$ . В усіх викопних органічних та органічно-мінеральних породах, що містять вуглець, присутній радіоактивний ізоотоп  $^{14}\text{C}$ . Його відносять до радіонуклідів космогенного походження. Основний внесок у природну радіоактивність з ізоотопів цієї групи вносить  $^{40}\text{K}$ , кількість якого в суміші ізоотопів калію складає лише 0,012 % ( $^{39}\text{K}$  і  $^{41}\text{K}$  – 93,22 і 6,77 % відповідно).

Було помічено, що  $^{90}\text{Sr}$  поводить себе подібно до кальцію, а  $^{137}\text{Cs}$  – до калію. Тому максимальна концентрація  $^{90}\text{Sr}$  завжди спостерігається у тих видів рослин, які багаті на кальцій – у відомих кальцефілів рослин родини бобових, деяких представників родин розоцвітих, жовтцевих, а найбільша кількість  $^{137}\text{Cs}$  – у рослинах, багатих на калій, – калієфілів картоплі, буряків, капусти, кукурудзи, вівсу, льону, соняшнику та інших. Радіоактивні речовини надходять до рослин двома основними шляхами: через надземні органи і через кореневу систему з ґрунту. Надходження через надземні органи можливе головним чином лише в період випадання радіоактивних частинок з атмосфери, тоді як поглинання через коріння може відбуватися протягом десятків років [3].

Бета-радіоактивність рослин як одна із специфічних біоекологічних властивостей вивчалась протягом багатьох років у лабораторії радіоекології на кафедрі геоботаніки, ґрунтознавства та екології ДНУ на установці малого фону УМФ-1500 М в системі «рослина–ґрунт» [1, 7–11]. Її вивчення має не тільки важливе теоретичне значення, наприклад, для визначення напрямків міграції радіонуклідів у біогеоценозах, локалітетів з критичними рівнями радіоактивності в ландшафті, шляхів та інтенсивності різних процесів при ґрунтоутворенні. Також подібні дослідження сприяють вирішенню практичних проблем у галузі рослинного ресурсознавства, наприклад, при визначенні якості рослинної сировини через уміст радіонуклідів, особливо в лікарських і їстівних рослинах.

Рослини при повній відсутності наявних ознак радіаційного ураження можуть нагромаджувати значні кількості радіонуклідів, внаслідок чого може виявитися неможливим їхнє використання. Державною санітарно-епідеміологічною службою були виявлені випадки реалізації лікарських рослин та рослинної сировини, які не відповідають вимогам Державних гігієнічних нормативів [5]. Заготівля, переробка, зберігання та реалізація лікарської рослинної сировини має супроводжуватись радіологічним контролем. У зв'язку з цим актуальними є дослідження закономірностей надходження, нагромадження та розподілу окремих радіонуклідів у продуктивних органах практично цінних рослин, у тому числі й лікарських [12, 15, 18, 19].

#### Методи досліджень

Для досліджень у вегетаційний період 2016 року проводили маршрутні дослідження з метою складання списку лікарських рослин у двох місцезростаннях. Як умовно чисте місцезростання (контроль) обрано лучний біотоп поблизу смт Кіровське Дніпропетровського району ( $48.523166^\circ$ ,  $34.853505^\circ$ ), як антропогенно забруднена територія досліджено бур'янисто-лучне угруповання в межах м. Кам'янське Дніпропетровської області ( $48.539847^\circ$ ,  $34.565013^\circ$ , рис. 1).

Збирання трав'яних рослин проводилося в період відносної зрілості за фракціями: надземна і підземна частини рослин. Відібраний матеріал зважували, просушували до повітряно сухого стану, потім висушували при температурі  $100\text{--}105^\circ\text{C}$ , ще раз зважували та прожарювали в муфельній печі протягом 5 годин (при температурі  $450\text{--}500^\circ\text{C}$ ) до отримання однорідної маси.

Бета-радіоактивність ґрунту та рослин визначали за допомогою установки УФМ-1500М. Досліди проводили в 3-разовій повторності, отримані результати обробляли методами варіаційної статистики.



Рис. 1. Розташування пробних площ

### Результати та їх обговорення

Ґрунт при антропогенному забрудненні є сильним поглиначем різних елементів і речовин, у тому числі й радіоактивних. Особливо високу здатність до поглинання має поверхневий, багатий на перегній горизонт, в якому міститься основна частина ґрунтового вбирного комплексу. Саме тому природні угіддя затримують основну масу радіоактивних речовин у поверхневому 5–10-сантиметровому шарі ґрунту. Їх залучення до біологічного кругообігу речовин зумовлене, з одного боку, міцністю зв'язку з частинками ґрунту, з іншого – здатністю поглинатися коренями. Щодо здатності коренів рослин поглинати радіоактивні речовини, то вона визначається багатьма факторами одночасно: специфікою виду, розвитком кореневої системи, фазою розвитку рослин, їх фізіологічним станом, вологістю ґрунту, наявністю в ньому елементів живлення. Зв'язування радіонуклідів ґрунтом та рослинами, фіксація біля поверхні ґрунту у зоні розміщення основної маси коренів затримує їх вимивання і перенесення до ґрунтових вод [2, 3].

Бета-радіоактивність досліджених лікарських рослин варіювала в межах від  $1,18 \times 10^{-5}$  Бк до  $19,09 \times 10^{-5}$  Бк на умовно чистих місцезростаннях і від  $18,35 \times 10^{-5}$  Бк до  $82,95 \times 10^{-5}$  Бк на антропогенно забрудненій ділянці (рис. 2).

На промислово забрудненій території у меліси лікарської (*Melissa officinalis* L.), грициків звичайних (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medikus), полину звичайного (*Artemisia vulgaris* L.) та ромашки аптечної (*Matricaria recutita* L.) більше бета-радіоактивних елементів накопичується в підземній частині рослини, у пижма звичайного (*Tanacetum vulgare* L.) – в надземній ( $P \leq 0,05$ ).

Для з'ясування впливу антропогенного фактора на показник бета-радіоактивності лікарських рослин був використаний однофакторний дисперсійний аналіз (табл. 1). Цей статистичний метод обробки даних дозволяє оцінити міру і достовірність відмінності декількох вибірових середніх одночасно, тобто вивчити вплив одного контрольованого чинника на результативну ознаку шляхом оцінки його відносної ролі в загальній мінливості цієї ознаки.

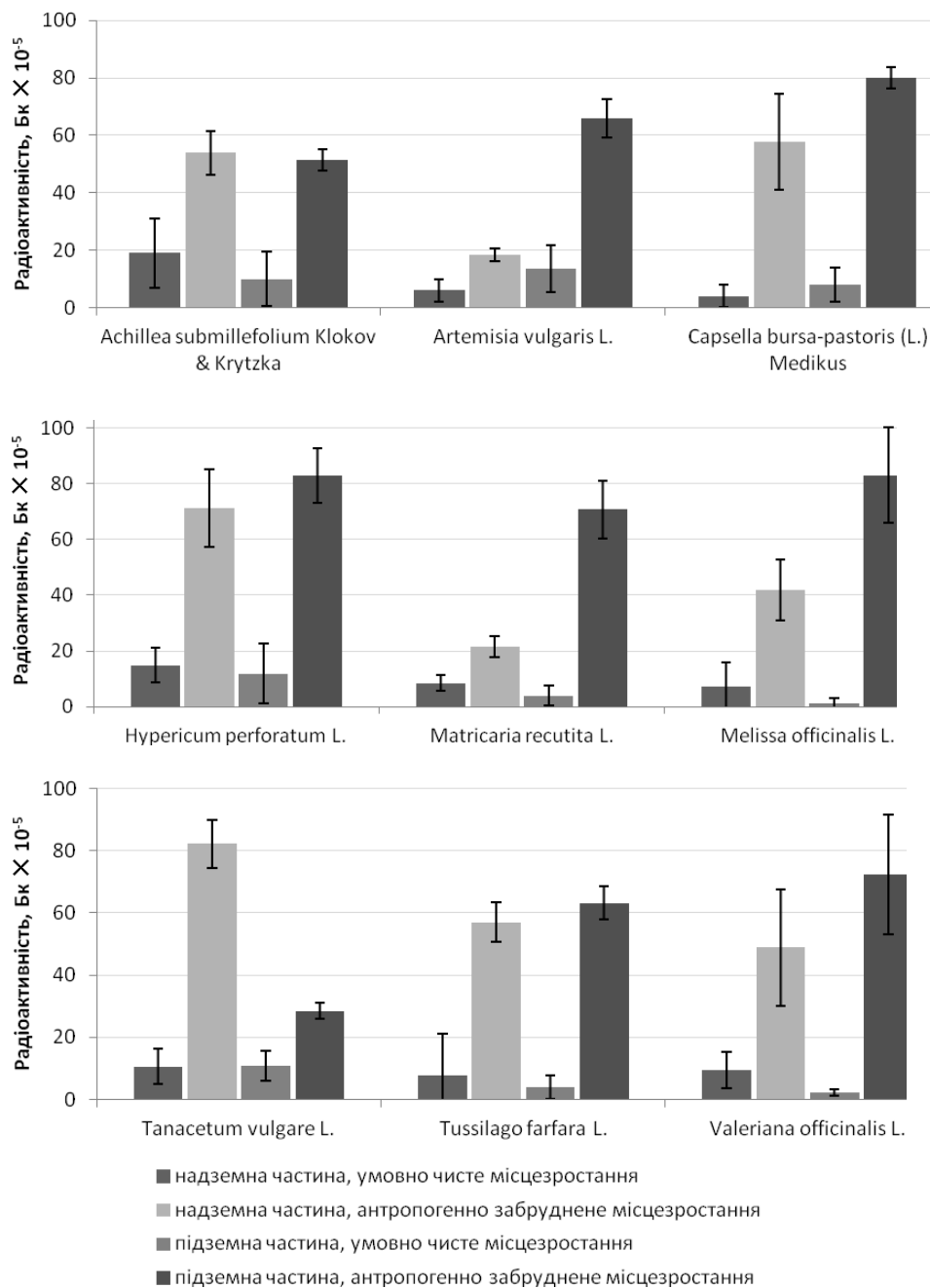
Таблиця 1

#### Результати однофакторного дисперсійного аналізу впливу антропогенного забруднення на бета-радіоактивність лікарських рослин

Показники лікарських рослин	Статистичні показники			
	Достовірність впливу за Фішером, $F$	$F$ критичне при $P=95\%$ / $99\%$ / $99,9\%$	Висновок про вірогідність впливу	Показник сили впливу, %
Бета-радіоактивність надземних органів	32,5	4,5 / 8,5 / 16,1	***	$67,0 \pm 2,1$
Бета-радіоактивність підземних органів	95,6		***	$85,7 \pm 0,9$

\*\*\* Показник вірогідний при  $P \leq 0,999$ .

У цьому аналізі факторіальна дисперсія розраховувалась для різних місцезростань – умовно чистого та антропогенно забрудненого, отже, саме вплив цього показника оцінювали в результаті досліджень.



**Рис. 2.** Довірчі інтервали ( $P=0.95$ ) бета-радіоактивності деяких лікарських рослин Дніпропетровщини

Аналіз показав, що на показники бета-радіоактивності досліджених лікарських рослин антропогенний фактор (забруднення) має статистично доведений вплив (з вірогідністю  $P=0,999$ ). Показники сили впливу виявилися високими – від 67 до 85 %. Найбільший вплив антропогенне забруднення має на бета-радіоактивність підземних органів. Виявлена тенденція відображає відому

закономірну залежність – чим далі по транспортному ланцюжку від коренів знаходиться орган, тим менше, як правило, радіонуклідів він нагромаджує [3].

#### Висновки

В умовно чистому місцезростанні найнижчими показниками бета-радіоактивності в надземних органах характеризуються полин звичайний (*Artemisia vulgaris*) та грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris*), найвищими – звіробій звичайний (*Hypericum perforatum* L.) та деревій майже звичайний (*Achillea submillefolium* Klokov & Krytzka). У підземних органах найвищі показники бета-радіоактивності зафіксовані у полину звичайного (*Artemisia vulgaris*) та звіробою (*Hypericum perforatum*), найнижчі – у меліси (*Melissa officinalis*) та валеріани (*Valeriana officinalis* L.).

В умовах промислового забруднення найнижчі показники бета-радіоактивності в надземних органах виявлені у полину (*Artemisia vulgaris*) та ромашки аптечної (*Matricaria recutita*), у підземних – у пижма звичайного (*Tanacetum vulgare*) та деревію майже звичайного (*Achillea submillefolium*). Найвищі значення бета-радіоактивності в цих умовах зареєстровані в надземних органах пижма звичайного (*Tanacetum vulgare*) та звіробою звичайного (*Hypericum perforatum*) і в підземних частинах меліси лікарської (*Melissa officinalis*) та звіробою звичайного (*Hypericum perforatum*).

Найбільший вплив антропогенне забруднення має на бета-радіоактивність підземних органів. Виявлені значення бета-радіоактивності, у тому числі в промислово забрудненій зоні, не є небезпечними при одноразовому використанні досліджених лікарських рослин. Проте лікарські рослини, зібрані в забрудненій зоні, через підвищену бета-радіоактивність можуть завдати шкоди при тривалому систематичному вживанні через накопичувальний ефект і тому не рекомендуються для використання.

#### Бібліографічні посилання

1. **Горбань В.А.** Природна бета-активність еолово-грунтових відкладів полезахисних лісосмуг степової зони України // Ґрунтознавство. 2010. Т. 11, № 3–4. С. 67–73.
2. **Гродзинський Д.М.** Радіобіологія. К.: Либідь, 2000. 448 с.
3. **Гудков І.М.** Радіобіологія: Підручник для вищ. навчальних закладів. К.: НУБіП України, 2016. 485 с.
4. **Клименко М.О., Клименко О.М., Клименко Л.В.** Радіоекологія: підручник. Рівне : НУВГП, 2020. 304 с.
5. **Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 256 від 03.05.2006 р.** про затвердження Державних гігієнічних нормативів «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді», із змінами, внесеними згідно з наказом Міністерства охорони здоров'я № 240 (з0590-08) від 08.05.2008 р.
6. **Радіоекологія:** підручник / В.П. Шапорев, Ю.Г. Масікевич, В.Ф. Моїсєєв та ін. Чернівці: «Місто» АНТ, 2018. 440 с.
7. **Тарасов В.В.** О естественной  $\beta$ -радиоактивности сорных растений и некоторых типов почв Днепропетровщины // Вопросы степного лесоведения. 1975. Вып. 5. С. 113–121.
8. **Тарасов В.В.** Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини з їх біолого-екологічною характеристикою. Д.: Ліра, 2012. 296 с.

9. **Тарасов В.В., Мамонтова Н.А.** О естественной  $\beta$ -радиоактивности некоторых лекарственных растений Днепропетровской области // Мониторинговые исследования биогеоценологических катен степной зоны. Д.: ДГУ, 1995. С. 110–122.
10. **Тарасов В.В., Штерлюк И.С.** О естественной  $\beta$ -радиоактивности лекарственных растений, произрастающих на отвалах железорудных карьеров Кривого Рога // Тези доповідей Міжн. конференції, Д., 17–20 вересня 2001. Д.: ДНУ, 2001. С.132.
11. **Травлев А.П., Антоненко Т.М., Лындя А.Г.** Изучение естественной радиоактивности лесных биогеоценозов юго-востока Украины // Вопросы степного лесоведения. 1975. Вып. 5. С. 13–19.
12. **[Desideri D., Assunta Meli M., Roselli C.](#)** Natural and artificial radioactivity determination of some medicinal plants // [Journal of environmental radioactivity](#). 2010. Vol.101. P. 751–756.
13. **[Hoshi M., Yamamoto M., Kawamura H. et al.](#)** Fallout radioactivity in soil and food samples in the Ukraine: measurements of iodine, plutonium, cesium and strontium isotopes // [Health Phys.](#) 1994. Vol. 67. P. 187–191.
14. **[Khan N.T.](#)** Radioactivity: An Introduction to Mysterious Science // [Journal of Physical Chemistry & Biophysics](#). 2017. Vol. 7. P. 254.
15. **[Şahin Bal S., Kürşat M., Yılmaz E., Karatepe S., Kuluöztürk MF., Tayfur F., Kiliç O.](#)** Determination of the gross alpha-beta radioactivity levels in some of medicinal and aromatic plants. [Applied Science Reports](#). 2016. Vol. 14 (2). P. 202–206.
16. **[Schuller P., Castillo A., Voigt G., Semioshkina N.](#)** Radiocaesium transfer from volcanic soils to Swiss chard, cabbage and sweet corn // [Journal of environmental radioactivity](#). 2018. Vol. 192. P. 117–127.
17. **[Selçuk Zorer Ö., Ceylan H., Doğru M.](#)** Gross alpha and beta radioactivity concentration in water, soil and sediment of the Bendimahi River and Van Lake (Turkey) // [Environmental Monitoring and Assessment](#). 2009. Vol.148. P. 39–46.
18. **[Sussa F.V., Damatto S.R., Alencar M.M., et al.](#)** Natural radioactivity determination in samples of *Peperomia pellucida* commonly used as a medicinal herb // [Journal of environmental radioactivity](#). 2013. Vol. 116. P. 148–151.
19. **[Tetty-Larbi L., et al.](#)** Gross Alpha and Beta Activity and Annual Committed Effective Doses due to Natural Radionuclides in some Medicinal Plants commonly used in Ghana // [International Journal of Science and Technology](#). 2013. Vol. 3(4). P. 232–244.

Надійшла до редколегії 19.09.2021 р.