

**РАДИОАКТИВНОСТ В *ACHILLEA MILLEFOLIUM* L.  
СЪБРАН ОТ ДВА РЕГИОНА В БЪЛГАРИЯ****Нина Архангелова<sup>1</sup>, Сениха Салим<sup>1</sup>, Даниела Недева<sup>2</sup>, Жени Димитрова<sup>1</sup>**<sup>1</sup>ШУ „Епископ Константин Преславски“<sup>2</sup>ТУ - Габрово**RADIOACTIVITY IN *ACHILLEA MILLEFOLIUM* L.  
COLLECTED FROM TWO REGIONS IN BULGARIA****Nina Arhangelova<sup>1</sup>, Seniha Salim<sup>1</sup>, Daniela Nedeva<sup>2</sup>, Zheni Dimitrova<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Konstantin Preslavsky University of Shumen<sup>2</sup> Technical University of Gabrovo**Abstract**

This research involves radiological study to assess medical herbs collected from the Shumen Plateau and Chavei village. The determination of specific activity concentrations were carried out using Ge(Li) detector for gamma spectrometric measurements. The results from the analysis for mean concentration of <sup>40</sup>K, <sup>232</sup>Th and <sup>226</sup>Ra in *Achillea millefolium* L. (Shumen Plateau) were 1364.27±204.64 Bq/kg, 68.85±10.33 Bq/kg, 44.66±6.7 Bq/kg, and for *Achillea millefolium* L. (Chavei village) were 1445.48±216.82 Bq/kg, 53.29±7.99 Bq/kg, 71.89±10.78 Bq/kg. For each sample from *Achillea millefolium* L.- flower, leaves and stems Radium equivalent activity, Internal radiation hazard, External radiation hazard, Total yearly effective dose equivalent and Excess lifetime Cancer Risk have been determined. All results of the present work were found to be lower than their corresponding allowed limits, and hence will pose relatively none serious health risk and the radioactive hazard is low for human beings.

**Keywords:** *Achillea millefolium* L., Activity concentration, Radium equivalent activity, Radiation dose, Annual effective dose, ELCR

**ВЪВЕДЕНИЕ**

В ежедневието си човек използва множество лечебни растения под различни форми като чайове, екстракти, етерични масла и други. Голяма част от билките населението събира самостоятелно в различни райони на страната, без да е информирано за евентуалната радиационна опасност при употреба на големи количества от съответната билка. Ето защо оценката на радиационния риск би дала добра информация за облъчването на човека от естествени радионуклиди. Над 80% от облъчването на човека се дължи на естествени източници на радиация, които се откриват в околната среда, т.е. причиняват външно облъчване на човека.

Целта на настоящото изследването е да се оцени радиационния риск и нивото на радиа-

ция на Белия равнец (*Achillea millefolium* L.), едно от най-широко използваните у нас лечебни растения.

**ИЗЛОЖЕНИЕ**

Белият равнец (*Achillea millefolium* L.) е многогодишно тревисто растение, което обитава тревисти места, ливади, храсталаци. Широко разпространен е в цяла България, от 0 до 2000 метра надморска височина. Цъфти от май до септември [1].

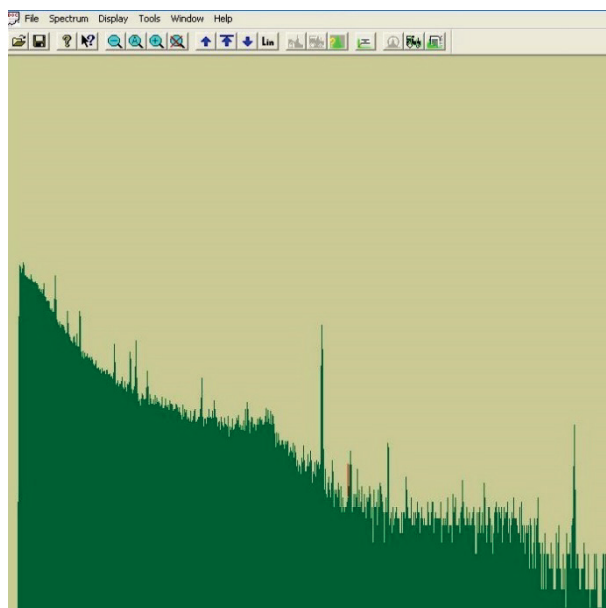
За провеждане на гама-спектрометричния анализ бяха подбрани цъфнали растения, събрани през месец юни (около Еньовден) от две области в България – Северна България, област Габрово, община Габрово, с. Чавеи и Североизточна България, област Шумен, община Шумен, Природен парк

Шуменско плато. Информация за местата на пробовземане е дадена в таблица 1.

**Таблица 1.** Информация за местоположенията от където са събрани пробите

|                        |                          |                              |
|------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Място                  | с. Чавей                 | Шуменско плато               |
| Област                 | Габрово                  | Шумен                        |
| Координати             | 42°55'14"N<br>25°15'33"E | 43°16'45,6"N<br>26°56'59,9"E |
| Надморска височина [m] | 475                      | 470                          |

Събрани са листа, стъбла и цветове от Бял равнец от двете местности. Пробите са изсушени, стрити и приготвени за провеждане на гама-спектрометричен анализ. За целта беше използвана гама-спектрометричната система, разположена в лабораторията по Ядрена физика и радиоекология в Шуменски университет. Системата включва полупроводников германиеволитиев детектор с изградена пасивна защита и ефективност на детектора 4.5% за линията на  $^{137}\text{Cs}$  ( $E = 661.66 \text{ keV}$ ) [2]. Получените данни се обработват посредством специализиран софтуер за гама спектри ANGES [3]. Методиката за определяне на радионуклидите е свързана с идентификация на гама линиите по техните енергии и пресмятане на специфичната активност на всеки регистриран радионуклид, чрез нетните площи на регистрираните пикове. Примерен спектър е представен на фигура 1.



**Фиг. 1.** Спектър получен от проведения гама-спектрометричен анализ

Специфичната активност на всеки от радионуклидите е пресметната по формула (1):

$$A_{sp} = \frac{S_{net}}{I \cdot t \cdot \varepsilon \cdot m} \quad (1)$$

$S_{net}$  – нетна площ на пика

$I$  – квантов добив

$t$  – времето за събиране на спектъра

$\varepsilon$  – ефективност на детектора за съответната гама линия

$m$  – маса на измерваната проба [4].

В таблица 2 са представени резултатите от проведения гама-спектрометричен анализ.

**Таблица 2.** Резултати от проведения гама-спектрометричен анализ на пробите от Бял равнец

| Място на пробовземане | проба  | Специфична активност [Bq/kg] |                   |                |
|-----------------------|--------|------------------------------|-------------------|----------------|
|                       |        | $^{226}\text{Ra}$            | $^{232}\text{Th}$ | 40K            |
| Шуменско плато        | цвят   | 46.14±6.92                   | 61.69±9.25        | 1531.53±229.73 |
|                       | листа  | 45.78±6.87                   | 98.82±14.82       | 1439.42±215.91 |
|                       | стъбла | 42.07±6.31                   | 46.04±6.91        | 1121.87±168.28 |
| с. Чавей, Габрово     | цвят   | 47.50±7.13                   | 73.67±11.04       | 1996.51±299.48 |
|                       | листа  | 95.80±14.23                  | 35.69±5.35        | 1226.77±184.02 |
|                       | стъбла | 73.37±11.01                  | 38.78±5.82        | 1113.15±166.97 |

Специфичната активност на  $^{226}\text{Ra}$  е в интервала от 42 – 96 Bq/kg. Най-висока специфична активност за  $^{226}\text{Ra}$  е отчетена в листата на Белия равнец събрани от с. Чавеи, а най-ниска стойност в стъблата от Шуменско плато. Специфичните активности за  $^{232}\text{Th}$  са в интервал от 35 до 99 Bq/kg, като най-ниската стойност е отчетена за листата събрани от с. Чавеи, а най-високата стойност е получена за листата на Белия равнец събран от Шуменско плато. Специфичните активности за  $^{40}\text{K}$  са в интервала от 1100 до 2000 Bq/kg, като най-ниската специфична активност е определена за стъблата, а най-високата стойност е отчетена за цветовете събрани от с. Чавеи.

За определяне на радиационните ефекти върху човека се използват различни фактори на въздействие.

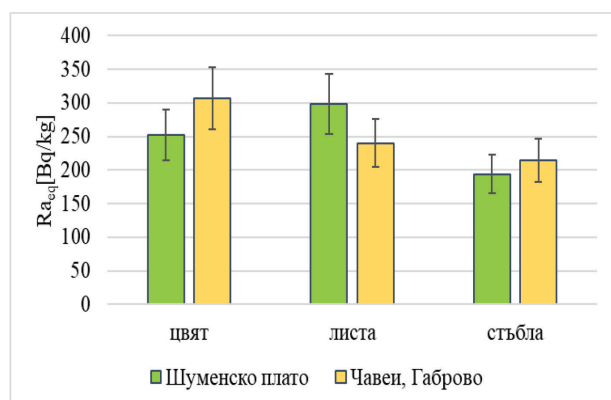
### 1. Радиев еквивалент ( $Ra_{eq}$ )

Този фактор се прилага за оценка на радиологичната опасност на проби от околната среда. Той може да бъде пресметната по формула (2) [5]:

$$Ra_{eq} = A_{Ra} + 1.43A_{Th} + 0.077A_K, \quad (2)$$

където  $A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$ , и  $A_K$  са специфичните активности на  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$ .

Данните за радиев еквивалент получени за пробите от Бял равнец са представени на фигура 2.



Фиг. 2. Графично представяне на радиев еквивалент в листа, стъбла и цветове на Бял равнец

Стойностите получени за радиевият еквивалент са в интервал от 190 до 310 Bq/kg. Най-високи стойности са отчетени в пробата от цвет събрана от с. Чавеи и в пробата от листа събрана от Шуменското плато, а най-

ниски стойности са отчетени в стъблата и на двете проби.

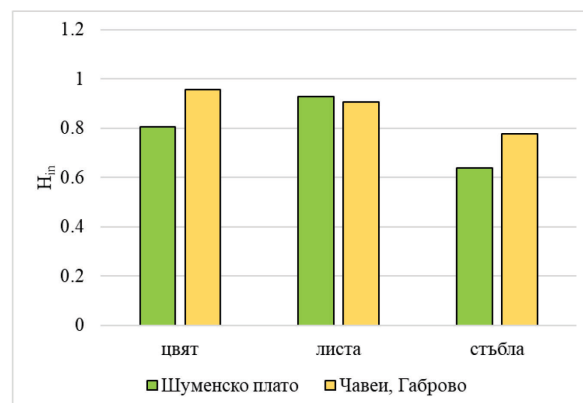
### 2. Индекси при външно и вътрешно облъчване.

Тези индекси са свързани с опасността от външно ( $H_{ex}$ ) или вътрешно ( $H_{in}$ ) облъчване на организмите. Приема се, че същата скорост на разпадане ще бъде получена от 370 Bq/kg за външно облъчване и 185 Bq/kg при вътрешно облъчване за  $^{226}\text{Ra}$ , 259 Bq/kg за  $^{232}\text{Th}$  и 4810 Bq/kg за  $^{40}\text{K}$  присъстващи в пробата [6]:

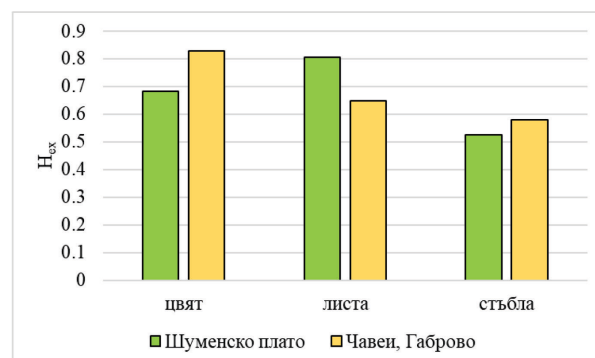
$$H_{ex} = \frac{A_{Ra}}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \quad (3)$$

$$H_{in} = \frac{A_{Ra}}{185} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \quad (4)$$

Получените резултати са представени графично на фигури 3 и 4.



Фиг. 3. Графично представяне на индекса на вътрешно облъчване



Фиг. 4. Графично представяне на индекса на външно облъчване

Всички пресметнати стойности за индексите на вътрешно и външно облъчване са по-малки от 1. Като и за двата индекса, стойностите са най-ниски за стъблата.

### 3. Мощност на погълната доза

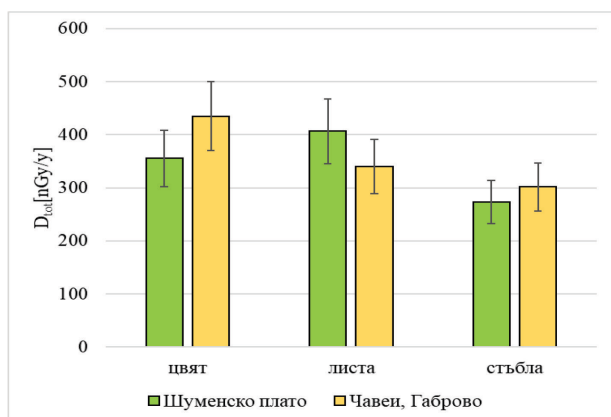
Мощността на погълната доза във въздуха може да бъде пресметната чрез (5) и (6), с които се оценява съответно мощността на погълнатата доза на открито и мощността на погълнатата доза на закрито. Общата мощност на погълнатата доза се пресмята като сума от мощности на погълнатите дози за година получени на открито и закрито (7).

$$D_{out} = 0.436A_{Ra} + 0.599A_{Th} + 0.0417A_K \quad (5)$$

$$D_{in} = 0.92A_{Ra} + 1.1A_{Th} + 0.081A_K \quad (6)$$

$$D_{tot} = D_{out} + D_{in} \quad (7)$$

Резултатите получени за общата мощност на погълната доза за Белия равнец са представени на фигура 5.



Фиг. 5. Графично представяне на общата мощност на погълната доза за Бял равнец

Стойностите изчислени за мощността на погълната доза са в интервала от 273 до 435 nGy/y. Най-висока стойност е получена за пробата от цветове събрана от с. Чавеи.

### 4. Годишна индивидуална ефективна доза

Оценка на годишната индивидуална ефективна доза получена на открито и на закрито, може да се направи като се вземат предвид коефициентите на преобразуване от мощността на погълнатата доза във въздуха в ефективната доза и коефициента на заетост на открито и закрито. Съгласно докладите на UNSCEAR (1993, 2000) [7], се използват следните коефициенти на преобразуване: 0.7 Sv/Gy от абсорбираната доза във въздуха до ефективната доза, получена от

възрастни. Счита се, че около 20% от времето хората прекарват на открито, а 80% на закрито, поради което коефициентите на открито и закрито ще бъдат съответно 0.2 и 0.8. Следователно годишната индивидуална ефективна доза  $E_{out}$  (mSv/y) на открито може да бъде изчислена по формула (8), а на закрито по формула (9).

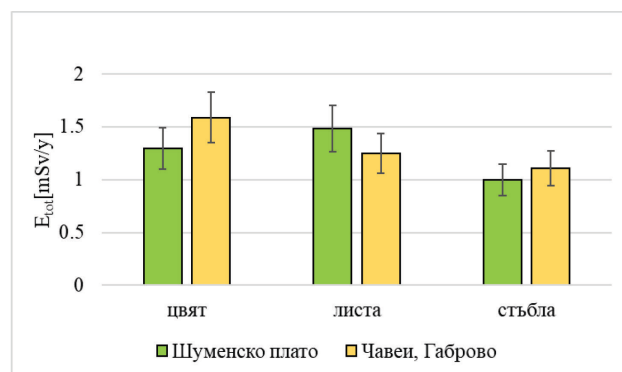
$$E_{out} \left[ \frac{mSv}{y} \right] = D_{out} \left[ \frac{nGy}{h} \right] + 8760[h] * 0.2 * 0.7 \left[ \frac{Sv}{Gy} \right] = D_{out} 1.226 [\mu Sv] \quad (8)$$

$$E_{in} \left[ \frac{mSv}{y} \right] = D_{in} \left[ \frac{nGy}{h} \right] + 8760[h] * 0.8 * 0.7 \left[ \frac{Sv}{Gy} \right] = D_{in} * 4.905 [\mu Sv] \quad (9)$$

Средната годишна ефективна доза може да бъде пресметната като сума от средната годишна ефективна доза получена на закрито и средната годишна ефективна доза на открито:

$$E_{tot} = E_{out} + E_{in} \quad (10)$$

Резултатите за средната годишна индивидуална ефективна доза получени за пробите от Бял равнец са представени на фигура 6.



Фиг. 6. Графично представяне на резултатите получени за средната годишна индивидуална ефективна доза за пробите от Бял равнец

Средната годишна индивидуална ефективна доза е най-висока в цветовете на белия равнец, събран от с. Чавеи. Най-ниски стойности са отчетени за стъблата на двете проби.

### 5. Повишен риск от рак през целия живот

Рискът от рак през целия живот ( $ELCR$  – Excess lifetime cancer risk) може да се определи като вероятност от развитие на рак

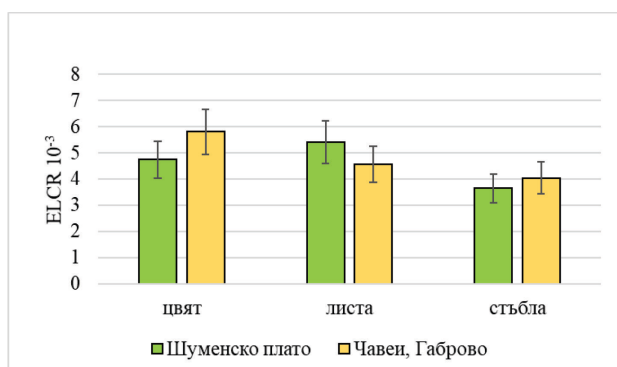
поради нивата на излагане на радиация. Този фактор може да бъде пресметнат, като се вземат предвид стойностите получени за средната годишна ефективна доза, средната продължителност на живот ( $D_L$ ) и рисковия фактор ( $R_F$ ), който съгласно ICRP (International Commission on Radiological Protection) е 0.05 за населението в случай на стохастични ефекти [8]. Средната продължителност на живот за България, съгласно данни от националния статистически институт за периода 2019-2021 година е 73 години [9]. Сумата от стойностите получени за повишен риск от рак на открито (11) и на закрито (12) дава общия повишен риск от рак през целия живот (13).

$$ELCR_{out} = E_{out} D_L R_F \quad (11)$$

$$ELCR_{in} = E_{in} D_L R_F \quad (12)$$

$$ELCR_{tot} = ELCR_{out} + ELCR_{in} \quad (13)$$

Резултатите получени за риска от рак през целия живот са представени на фигура 7.



Фиг. 7. Графично представяне на резултатите получени за риска от рак през целия живот получени за пробите от Бял равнец

Стойностите получени за риска от рак през целия живот са в интервал от  $3.6 \cdot 10^{-3}$  -  $5.8 \cdot 10^{-3}$ . Най-ниски стойности отново са получени за стъблата, а най-висока стойност е отчетена за цветовете на Белия равнец събран от с. Чавеи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа са представени резултати свързани с оценката на радиационния риск при употреба на широко употребяваната в ежедневието билка Белият равнец (*Achillea millefolium* L.). Пресметнати са радиевия еквивалент, индексите при вътрешно и външно облъчване, общата мощност на погълната доза, годишната ефективна доза и риска от рак през целия живот. Пресметнатите стойности за всички радиационни фактори на въздействие са най-високи за листата на Белия равнец, събран от с. Чавеи, а най-ниски са за стъблата и на двете проби.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Измерванията са направени с финансовата подкрепа на проект РД-08-80/09.02.2022 г., на ШУ "Епископ Константин Преславски" и подкрепени от Министерство на образованието и науката по Националната програма „Млади учени и постдокторанти – 2“.

## REFERENCE

- [1] [https://bgflora.net/families/asteraceae/achillea/achillea\\_millefolium/achillea\\_millefolium.html](https://bgflora.net/families/asteraceae/achillea/achillea_millefolium/achillea_millefolium.html)
- [2] Jechev, A., „System for low background gamma measurements”, Thesis, Shumen University, 1996.
- [3] Mishev, Pl., Vidolov, V., Program ANGES, Research Contact 9493/RO, Vienna, Austria, IAEA.
- [4] G. Vassilev, Radioecology – Radiation, Ecology, Human, Bulgaria, Theta Cons., Sofia, Bulgaria, 2005.
- [5] J. Beretka, P.J. Mathew, Health Phys., 1985, 48, 87.
- [6] R. Veiga, N. Sanches, R. M. Anjos, K. Macario, J. Bastos, M. Iguatemy, J. G. Aguiar, A. M. A. Santos, B. Mosquera, C. Carvalho, M. Baptista Filho, N. K. Umisedo, Radiat. Meas. 41 (2006) 189.
- [7] UNSCEAR (2000). United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly, With Scientific Annexes, United Nations Publication, New York.
- [8] ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP. Publication 60, Ann. ICRP21 (1-3), 1991.
- [9] <https://www.nsi.bg/bg>