

УДК 638.124:546.47

Сергій РАЗАНОВ

доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісового та садово-паркового господарства, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008; Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, вул. Пекарська, 50, м. Львів, Україна, 79010 (razanovsergej65@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-4883-2696

SCOPUS: 57311742800

Микола КУЦЕНКО

аспірант кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008 (nicolaskutsenko@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-9373-1405

SCOPUS: 58169757200

Алла РАЗАНОВА

доктор філософії з екології, старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008 (razanovaalla68@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-3546-3692

SCOPUS: 58572698100

Олександр РАЗАНОВ

кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник лабораторії апітерапії, Національний науковий центр «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича», вул. Заболотного, 19, м. Київ, Україна, 03143 (Razanovoleksandr@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-0676-5795

Галина ОГОРОДНІЧУК

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології розведення, виробництва та переробки продукції дрібних тварин, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008 (ohorodnichukhalina@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-9398-2036

SCOPUS: 57203007757

Галина ГУЦОЛ

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Вінницький національний аграрний університет, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008 (gucolg@ukr.net)

ORCID: 0000-0001-6327-6555

SCOPUS: 58573182300

Галина ЛИСАК

кандидат біологічних наук, доцент кафедри сталого природокористування та захисту довкілля, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, вул. Пекарська, 50, м. Львів, Україна, 79010 (orchigea@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-3388-7966

Сергій ПАВКОВИЧ

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри основ тваринництва імені Гната Западнюка, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, вул. Пекарська, 50, м. Львів, Україна, 79010 (pavkovych.s@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-0844-3071

Оксана ГУСАК

начальник відділу обліку експлуатації, обслуговування та ремонту озброєння та військової техніки, Вінницький національний медичний університет, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018 (lapova727@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7900-9902

Бібліографічний опис статті: Разанов С., Куценко М., Разанова А., Разанов О., Огороднічук Г., Гуцол Г., Лисак Г., Павкович С., Гусак О. (2025). Питома активність радіонуклідів у бджолиному обнізжі, виробленому з квіткового пилку нектаропилконосних рослин Полісся України. *Фітотерапія. Часопис*, 1, 151–159, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2025-1-151>

ПИТОМА АКТИВНІСТЬ РАДІОНУКЛІДІВ У БДЖОЛИНОМУ ОБНІЖЖІ, ВИРОБЛЕНОМУ З КВІТКОВОГО ПИЛКУ НЕКТАРОПИЛКОНОСНИХ РОСЛИН ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Актуальність. Зниження іонізуючого опромінення населення є одним із пріоритетних завдань сьогодення в сучасних екологічних умовах навколишнього середовища, якому характерне зростаюче радіаційне навантаження. Одним з ефективних заходів щодо зниження опромінення населення є перешкодження надходження радіоактивних речовин по харчовому ланцюгу шляхом зменшення вмісту їх у продуктах харчування. Продукція бджільництва, вироблена з квіткового пилку, займає важливу нішу в забезпеченні організму людини біологічно активними речовинами, тому використання її у харчуванні населення, особливо з лікувально-профілактичною метою, стрімко зростає. Поряд із цим потребує проведення контролю за вмістом у цій продукції радіоактивних речовин для прогнозованого рівня опромінення населення за використання її як харчової сировини.

Мета дослідження – вивчення питомої активності ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку буркуну білого (*Melilotus albus*), розторопші плямистої (*Silybum marianum*), головатня круглоголового (*Echinops sphaerocephalus*), люпину вузьколистого (*Lupinus angustifolius*) та фацелії пижмолистої (*Phacelia tanacetifolia*), вирощених на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся.

Матеріали та методи. Дослідження проводилися в умовах Полісся на території Коростенського району Житомирської області. Матеріалом досліджень було бджолине обніжжя, вироблене з квіткового пилку нектаропилконосних рослин. Методи досліджень: радіологічні (визначення вмісту ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th гамма-спектрометричним методом), статистичні (біометрична обробка матеріалів досліджень) і аналітичні (огляд та аналіз літературних періодичерел).

Результати дослідження. Дослідження показали, що питома активність радіоактивних ізотопів у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку нектаропилконосних рослин, залежить від їх ботанічного походження. Встановлено, що питома активність ^{40}K у бджолиному обніжжі значно перевищувала питому активність ^{226}Ra та ^{232}Th . Зокрема, у бджолиному обніжжі буркуну білого питома активність ^{40}K , перевищувала питому активність ^{226}Ra і ^{232}Th у 9,78 рази і 6,95 рази, розторопші плямистої – у 24,2 і 18,6 рази, головатня круглоголового – у 10,5 і 9,2 рази, люпину вузьколистого – у 11,8 і 7,78 рази та фацелії пижмолистої – у 16,8 і 9,98 рази відповідно. Питома активність ^{40}K у бджолиному обніжжі виявлена у зростаючій регресії в такій послідовності: головатень круглоголовий → буркун білий → фацелія пижмолиста → розторопша плямиста → люпин вузьколистий; ^{226}Ra : розторопша плямиста → фацелія пижмолиста → головатень круглоголовий → буркун білий → люпин вузьколистий та ^{232}Th : розторопша плямиста → головатень круглоголовий → фацелія пижмолиста → буркун білий → люпин вузьколистий.

Висновки. Бджолине обніжжя, вироблене з квіткового пилку люпину вузьколистого, характеризувалося найвищою питомою активністю ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th , а найнижчою – із пилку головатня круглоголового та розторопші плямистої.

Ключові слова: квітковий пилок, нектаропилконосні рослини, ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th .

Serhii RAZANOV

Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forestry and Horticulture, Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008; Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv, Pekarska St. 50, Lviv, Ukraine, 79010 (razanovsergej65@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-4883-2696

SCOPUS: 57311742800

Mykola KUTSENKO

Postgraduate Student at the Department of Ecology and Environmental Protection, Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, (nicolaskutsenko@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-9373-1405

SCOPUS: 58169757200

Alla RAZANOVA

PhD in Ecology, Senior Lecturer at the Department of Forestry and Horticulture, Vinnytsia National Agrarian University, Sonyachna str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008 (razanovaalla68@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-3546-3692

SCOPUS: 58572698100

Oleksandr RAZANOV

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher of the Apitherapy Laboratory, National scientific center "P.I. Prokopovich Beekeeping Institute", Zabolotnogo str., 19, Kyiv, Ukraine, 03143 (Razanovoleksandr@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-0676-5795

Halina OHORODNICHUK

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Technology of Breeding, Production and Processing of Small Animal Products, Vinnytsia National Agrarian University, Soniachna str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008,

(ohorodnichukhalina@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-9398-2036

SCOPUS: 57203007757

Galina GUCOL

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Sustainable Nature Management and Environmental Protection, Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv, Pekarska St. 50, Lviv, Ukraine, 79010 (gucolg@ukr.net)

ORCID: 0000-0001-6327-6555

SCOPUS: 58573182300

Halyna LYSAK

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Ecology, Lviv National Environmental University, V. Velikoho str., 1, Dublyany, Lviv region, Ukraine, 80381 (orchigea@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-3388-7966

Serhii PAVKOVYCH

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Fundamentals of Animal Husbandry named after Hnat Zapadniuk, Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv, Pekarska St. 50, Lviv, Ukraine, 79010 (pavkovych.s@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-0844-3071

Oksana HUSAK

Head of the Department of Accounting for Operation, Maintenance and Repair of Weapons and Military Equipment, Vinnytsia National Medical University, Pyrohova str., 56, Vinnytsia, Ukraine, 21018 (lanova727@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-7900-9902

To cite this article: Razanov S., Kutsenko M., Razanova A., Razanov O., Ohorodnichuk H., Gucol G., Lysak H., Pavkovych S., Husak O. (2025). Pytoma aktyvnist' radionuklidiv u bdzholynomu obnizhzhzi, vyroblenomu z kvitkovoho pylku nektaropylkonosnykh roslyn Polissya Ukrayiny [Specific activity of radionuclides in bee pollen produced from flower pollen of nectar-bearing plants of Polissya of Ukraine]. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 1, 151–159, doi: <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2025-1-151>

SPECIFIC ACTIVITY OF RADIONUCLIDES IN BEE POLLEN PRODUCED FROM FLOWER POLLEN OF NECTAR-BEARING PLANTS OF POLISSYA OF UKRAINE

Actuality. Reducing ionizing radiation exposure among the population is one of the top priorities in today's environmental conditions, characterized by increasing radiation loads. One of the most effective measures for reducing radiation exposure is to prevent the entry of radioactive substances into the food chain by minimizing their concentration in food products. Beekeeping products made from floral pollen hold a significant niche in providing the human body with biologically active substances. Consequently, the use of bee products in human nutrition, particularly for therapeutic and preventive purposes, is rapidly growing. However, it is necessary to monitor the levels of radioactive substances in these products to predict the potential radiation exposure when they are used as food raw materials.

The aim of the research is to investigate the specific activity of ^{40}K , ^{226}Ra , and ^{232}Th in bee pollen obtained from the floral pollen of white sweet clover (*Melilotus albus*), milk thistle (*Silybum marianum*), globe thistle (*Echinops sphaerocephalus*), narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius*), and tansy-leaved phacelia (*Phacelia tanacetifolia*) grown on sod-podzolic soils of Polissya.

Material and methods. The research was conducted in Polissya in the Korosten district of Zhytomyr region. The research material was bee pollen produced from the floral pollen of nectar-bearing plants. The research methods included radiological analysis (determination of ^{40}K , ^{226}Ra , and ^{232}Th using gamma-spectrometric methods), statistical methods (biometric data processing), and analytical methods (review and analysis of literature sources).

Research results. The studies showed that the specific activity of radioactive isotopes in bee pollen, produced from the floral pollen of nectar-bearing plants, depends on their botanical origin. It was established that the specific activity of ^{40}K in bee pollen significantly exceeded the specific activity of ^{226}Ra and ^{232}Th . In particular, in bee pollen from white sweet clover (*Melilotus albus*), the specific activity of ^{40}K exceeded the specific activity of ^{226}Ra and ^{232}Th by 9,78 times and 6,95 times, respectively; from milk thistle (*Silybum marianum*) – by 24,2 and 18,6 times; from globe thistle (*Echinops sphaerocephalus*) – by 10,5 and 9,2 times; from narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius*) – by 11,8 and 7,78 times; and from tansy-leaved phacelia (*Phacelia tanacetifolia*) – by 16,8 and 9,98 times, respectively. The specific activity of ^{40}K in bee pollen was found to increase in the following order: globe thistle → white sweet clover → tansy-leaved phacelia → milk thistle → narrow-leaved lupine; ^{226}Ra : spotted milk thistle → tansy-leaved phacelia → globe thistle → white sweet clover → narrow-leaved lupine; and ^{232}Th : milk thistle → globe thistle → tansy-leaved phacelia → white sweet clover → narrow-leaved lupine.

Conclusions. Bee pollen produced from the floral pollen of narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius*) exhibited the highest specific activity of ^{40}K , ^{226}Ra , and ^{232}Th , while the lowest specific activity was observed in the pollen of globe thistle (*Echinops sphaerocephalus*) and milk thistle (*Silybum marianum*).

Key words: floral pollen, nectar- and pollen-producing plants, ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th .

Вступ. Актуальність. Еволюція живих організмів тісно пов'язана з навколишнім середовищем, одним із численних факторів якого є іонізуюче опромінення, створене як природними, так і штучними джерелами випромінювання. Аналіз літературних першоджерел вказує, що потужність дози опромінення населення з кожним роком зростає. Серед факторів, які створюють це явище, є радіоактивні речовини, які надходять у ґрунти сільськогосподарських угідь з мінеральними добривами та іншими хімічними засобами рослинництва (Hutsol, 2019).

Одним із негативних наслідків радіоактивних речовин є перебування їх в обмінній формі, унаслідок чого ці ізотопи постійно мігрують у системах природного середовища. Радіонукліди, потрапляючи в ґрунт, мігрують по трофічному ланцюгу до рослинної продукції, у тому числі квітковим пилом, використання яких як харчової сировини сприяє накопиченню цих токсикантів у тканинах та органах людського організму, що викликає різні порушення та, як наслідок, призводить до виникнення низки захворювань.

Серед лікувально-профілактичної рослинницької сировини квітковий пилок у вигляді бджолиного обніжжя набуває високої актуальності. Виробництво бджолиного обніжжя залежить від низки факторів, зокрема від виду рослин, кліматичних умов, рівня забруднення навколишнього середовища, місця розташування пасіки, стану бджолиних сімей та пори року (Adamchuk, 2023; Razanova et al., 2021).

Продукти бджільництва містять значну кількість біологічно активних компонентів і широко використовуються як у народній, так і в сучасній медицині. Завдяки своїм антиоксидантним, антимікробним і протизапальним властивостям вони знаходять застосування у харчовій промисловості, консервуванні та косметології (Khalifa et al., 2024). Рекомендована добова доза обніжжя становить 30 г, що дає змогу забезпечити організм важливими білками, незамінними амінокислотами, вітамінами та мікроелементами (Deineka, 1997).

Бджолине обніжжя відзначається багатим складом і містить понад 250 компонентів. Завдяки своїм лікувальним властивостям воно широко використовується в медичній практиці (Klym et al., 2023). Різноманітні поживні компоненти бджолиного обніжжя забезпечують цінні терапевтичні властивості (Denisow & Denisow-Pietrzyk, 2016; Kieliszek et al., 2017). Обніжжя містить значну кількість білків, які є будівельним матеріалом для клітин, сприяють регенерації тканин і синтезу гормонів. Незамінні амінокислоти підтримують анабо-

лічні процеси в організмі. Вуглеводи, представлені переважно фруктозою та глюкозою, забезпечують швидкий енергетичний заряд. Вітаміни (А, В, С, Е, фолієва кислота) покращують метаболічні процеси, зміцнюють імунітет і стимулюють регенерацію клітин (Deineka, 1997). Мікро- та макроелементи, як-от залізо, кальцій, калій, фосфор і магній, підтримують функції серцево-судинної системи, кровотворення й обмін речовин. Ензими полегшують травлення, а фенольні сполуки забезпечують антиоксидантну дію, захищаючи організм від впливу вільних радикалів. Завдяки такому багатству компонентів бджолине обніжжя має широкий спектр корисних властивостей і використовується як потужний засіб для зміцнення здоров'я та профілактики захворювань (Kalinina & Dolhaia, 2015; Komosinska Vassev et al., 2015; Nesrin, 202; Kieliszek et al., 2018).

Бджолине обніжжя ефективно у профілактиці та терапії багатьох захворювань завдяки антиоксидантній, імуномодуючій, антибактеріальній, протигрибковій, протівірусній та протипухлинній дії (Komosinska Vassev et al., 2015). У разі серцево-судинних захворювань обніжжя допомагає знижувати рівень холестерину та тригліцеридів у крові, нормалізувати кров'яний тиск і покращувати стан капілярів. Ненасичені жирні кислоти, флавоноїди та вітаміни забезпечують антисклеротичний ефект і стабілізацію клітинних мембран (Kieliszek et al., 2018; Komosinska-Vassev et al., 2015). У лікуванні анемії та інших захворювань кровотворної системи сприяє стимуляції еритро- та лейкопоезу завдяки вмісту мікроелементів, як-от залізо, кобальт і мідь (Nesrin, 2021). У разі інфекційних і запальних захворювань активні компоненти, включно з антибіотичним фактором секрету бджіл, проявляють потужну антимікробну дію, пригнічуючи ріст патогенних бактерій і грибків (Pascoal et al., 2014).

Бджолине обніжжя також використовується для відновлення організму після тривалих хвороб, хірургічних втручань та фізичного виснаження завдяки високому вмісту протеїнів, вітамінів та амінокислот. Воно стимулює регенерацію тканин, підвищує загальний тонус організму та зміцнює імунітет (Olczyk et al., 2016). Крім того, отримано дані щодо ефективності його використання в терапії онкологічних захворювань, оскільки деякі види обніжжя, зокрема зібрані з соняшнику, здатні блокувати ріст ракових клітин.

У гастроентерології доведено його позитивний вплив на покращання харчового статусу, протеїнового обміну та метаболічної активності мікрофлори

у хворих із синдромом короткої кишки та постгастректомічним синдромом (Tichy & Novak, 2000). Обніжжя сприяє корекції метаболічного синдрому, зокрема дисліпідемії, ожирінню, порушенню вуглеводного обміну й артеріальної гіпертензії. Також воно пришвидшує загоєння ран, захищає від негативного впливу вільних радикалів після опромінення та є ефективним у лікуванні злоякісних пухлин ротової порожнини (Kabała-Dzik et al., 2003). Обніжжя успішно застосовують у терапії бронхо-легеневих захворювань, гіпертонії, нервових і ендокринних розладів, забезпечуючи зникнення головного болю, покращання сну, пам'яті та психічного стану. Бджолине обніжжя та перга мають антидіабетичні властивості, і їх з успіхом використовують у боротьбі з ожирінням і діабетом. Цінні властивості цих продуктів полягають у тому, що вони допомагають знизити рівень глюкози крові й масу тіла, підвищують чутливість до інсуліну, послаблюють окиснювальний стрес, регулюють апетит, рівень гормонів, які пов'язані з ожирінням, зміцнюючи при цьому антиоксидантні захисні системи (El-Seedi et al., 2024). У дитячій практиці його використовують для лікування колібацильозу, за хронічних закрепів і діареї. Є позитивний досвід використання обніжжя для лікування атеросклерозу та у складі комплексної терапії туберкульозу (Qiao et al., 2023). Препарат «Апітонік» на основі бджолиного обніжжя зберігає всі корисні властивості продукту, сприяє профілактиці туберкульозу та дає змогу знизити витрати на лікування хворих на 40–50 % (Shapovalov, 2003).

Бджолине обніжжя набуває широкого використання серед населення. Однак поряд із зростаючим попитом виникає потреба в контролі якості та безпеки (Hudz et al., 2015).

Вивчення специфіки накопичення ізотопів ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th , основним джерелом надходження яких у ґрунти нектаропилконосних угідь є мінеральні добрива, залишається недостатньо дослідженим. Зважаючи на значний внесок природних радіонуклідів, особливо ^{40}K , у загальну дозу опромінення населення, виникає потреба в більш детальному аналізі механізмів їх накопичення у бджолиному обніжжі, отриманому з пилку нектаропилконосних рослин, вирощених в умовах сучасного інтенсивного землеробства. Це дасть змогу прогнозувати рівень опромінення населення в разі використання цієї сировини в харчуванні.

Метою досліджень було вивчення питомої активності ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку буркуну білого

(*Melilotus albus*), розторопші плямистої (*Silybum marianum*), головатня круглоголового (*Echinops sphaerocephalus*), люпину вузьколистого (*Lupinus angustifolius*) та фацелії пижмолистої (*Phacelia tanacetifolia*), вирощених на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження питомої активності радіоактивних речовин у бджолиному обніжжі, виробленому бджолами з пилку нектаропилконосних рослин, проводили в умовах нектаропилконосних угідь Полісся на дерново-підзолистих ґрунтах, територіях, прилеглих до м. Коростень Житомирської області.

Вирощування нектаропилконосних культур (буркун білий, розторопша плямиста, головатень круглоголовий, люпин вузьколистий і фацелія пижмолиста) проводили за загальноприйнятою технологією. Зокрема, буркун білий, головатень круглоголовий і люпин вузьколистий вирощували без мінерального удобрення ґрунтів, тоді як розторопшу плямисту та фацелію пижмолисту вирощували за мінерального удобрення. Удобрення ґрунтів для вирощування розторопші плямистої здійснювалося аміачною селітрою (N_{60}) суперфосфатом подвійним (P_{60}) і калієм хлористим (K_{60}), а фацелії – $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ відповідно.

Відбір бджолиного обніжжя проводили у спосіб, описаний В. П. Поліщуком (2000 р.), суть якого полягала у підготовці сильних бджолиних сімей та відборі від них обніжжя за допомогою пилковловлювача. Отримане поліфлорне обніжжя просували в термостаті за температури 40 °C до вмісту вологи 8–10 %. Після чого за морфологічними ознаками та кольором відбирали з конкретної медоносної культури та формували зразки для радіологічних досліджень. Відбір проб бджолиного обніжжя для лабораторних досліджень проводили методом точкових проб.

Визначення ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th проводили гамма-спектрометричним методом на гамма-спектрофотометрі СЕГ-05.

Для визначення статистично значущих відмінностей між середніми значеннями різних груп бджолиних сімей використовувався односторонній дисперсійний аналіз ANOVA. Для позначення ймовірності в таблицях використовуються умовні позначення: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Результати дослідження та їх обговорення. За результатами власних досліджень встановлено, що у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку буркуну білого, виявлено найвищу питому активність ^{40}K , тоді як найнижчу – за ^{226}Ra (табл. 1).

Таблиця 1

Питома активність радіонуклідів у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку буркуну білого, Бк/кг ($x \pm SD$, $n = 4$)

Радіо-активні речовини	Роки досліджень		Середнє за 2023–2024 рр.
	2023	2024	
^{40}K	405,8	400,6	$403,2 \pm 3,6$
^{226}Ra	42,2	40,2	$41,2 \pm 1,5^{xxx}$
^{232}Th	60,0	56,0	$58,0 \pm 2,1^{xxx}$

Порівняно з ^{226}Ra та ^{232}Th , питома активність ^{40}K у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку буркуну білого, була вищою у 9,7 раза та 6,9 раза відповідно. Питома активність ^{226}Ra була нижчою у цій продукції порівняно з ^{40}K та ^{232}Th у 9,7 раза та 1,4 раза відповідно. Водночас потрібно відзначити деяке зниження питомої активності у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку буркуну білого, за досліджуваний період. Так, за два роки досліджень у бджолиному обніжжі питома активність ^{40}K знизилася на 1,3 %, ^{226}Ra – на 4,7 % та ^{232}Th – на 6,6 %.

У квітковому пилку розторопші плямистої питома активність ^{40}K була вищою порівняно з ^{226}Ra у 24,05 раза та з ^{232}Th – у 18,5 раза. Найнижча питома активність у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку розторопші плямистої, спостерігалася за ^{226}Ra . Так, питома активність ^{226}Ra у бджолиному обніжжі виявилася нижчою порівняно з ^{40}K у 24,2 раза та з ^{232}Th – у 1,29 раза (табл. 2).

Таблиця 2

Питома активність радіонуклідів у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку розторопші плямистої, Бк/кг ($x \pm SD$, $n = 4$)

Радіо-активні речовини	Роки досліджень			Середнє за 2022–2024 рр.
	2022	2023	2024	
^{40}K	513	523	543,0	$526,3 \pm 5,1$
^{226}Ra	20,6	21,5	23,0	$21,7 \pm 0,75^{xxx}$
^{232}Th	27,2	27,9	29,5	$28,2 \pm 1,32^{xxx}$

Водночас потрібно відмітити підвищення питомої активності ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку розторопші плямистої, за три роки досліджень на 5,8, 11,6 та 8,4 % відповідно.

Встановлено, що у квітковому пилку головатня круглоголового питома активність ^{40}K була вищою порівняно з ^{226}Ra у 10,5 раза та ^{232}Th – у 9,2 раза. Питома активність ^{226}Ra у бджолиному обніжжі була нижчою порівняно з ^{40}K у 10,5 раза та з ^{232}Th – у 9,2 раза (табл. 3).

Таблиця 3

Питома активність радіонуклідів у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку головатня круглоголового, Бк/кг ($x \pm SD$, $n = 4$)

Радіо-активні речовини	Роки досліджень			Середнє за 2022–2024 рр.
	2022	2023	2024	
^{40}K	404	392	371	$389 \pm 3,7$
^{226}Ra	39,5	37,5	34,0	$37,0 \pm 1,21^{xxx}$
^{232}Th	44,5	43,5	38,0	$42,0 \pm 0,92^{xxx}$

Поряд із цим потрібно відмітити, що питома активність ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th у бджолиному обніжжі за три роки досліджень знизилася на 8,1, 13,9 та 14,6 % відповідно.

У бджолиному обніжжі, виробленому бджолами з квіткового пилку люпину вузьколистого, виявлено також найвищу питому активність ^{40}K . Зокрема, питома активність ^{40}K у бджолиному обніжжі була вищою порівняно з ^{226}Ra у 11,8 раза та ^{232}Th – у 7,7 раза (табл. 4). Питома активність у бджолиному обніжжі ^{226}Ra була нижчою у 12,3 раза і 7,8 раза порівняно з ^{40}K та ^{232}Th відповідно.

Таблиця 4

Питома активність радіонуклідів у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку люпину вузьколистого, Бк/кг ($x \pm SD$, $n = 4$)

Радіо-активні речовини	Роки досліджень			Середнє за 2022–2024 рр.
	2022	2023	2024	
^{40}K	540	528	492	$520 \pm 7,2$
^{226}Ra	49	43	40	$44 \pm 0,24^{xxx}$
^{232}Th	70	68	63	$67 \pm 0,18^{xxx}$

Також за три роки досліджень виявлено певне зниження питомої активності ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th у бджолиному обніжжі на 8,8, 18,3 та 10 % відповідно.

У бджолиному обніжжі з фацелії пижмолістої питома активність ^{40}K була вищою порівняно з ^{226}Ra у 16,8 раза та ^{232}Th – у 9,98 раза (табл. 5).

Таблиця 5

Питома активність радіонуклідів у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку фацелії пижмолістої, Бк/кг ($x \pm SD$, $n = 4$)

Радіо-активні речовини	Роки досліджень			Середнє за 2022–2024 рр.
	2022	2023	2024	
^{40}K	511,0	525,0	530,0	$522,0 \pm 3,2$
^{226}Ra	26,0	30,0	37,0	$31,0 \pm 0,41^{xxx}$
^{232}Th	52,0	53,0	52,0	$52,3 \pm 1,32^{xxx}$

Питома активність ^{226}Ra у бджолиному обніжжі з фацелії пижмолістої була нижчою порівняно з ^{40}K у 16,8 раза та ^{232}Th – у 9,9 раза. Виявлено підвищення у бджолиному обніжжі з фацелії пижмолістої за три роки досліджень питомої активності за ^{40}K на 3,7 % та ^{226}Ra – на 42,3 %.

Аналізуючи питому активність радіонуклідів у бджолиному обніжжі різних нектаропилконосних рослин, потрібно відмітити певну особливість. Зокрема, найнижчою питомою активністю ^{40}K характеризувався бджолине обніжжя з головатня круглоголового. Так, питома активність ^{40}K у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку головатня круглоголового, була нижчою порівняно з буркуном білим на 3,47 %, розторопшею плямистою – на 25,4 %, люпином вузьколистим – на 27,9 % та з фацелією пижмолістою – на 25,4 %. Найнижча питома активність ^{226}Ra та ^{232}Th виявлена у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку розторопші плямистої. Зокрема, питома активність ^{226}Ra і ^{232}Th у бджолиному обніжжі розторопші плямистої була нижчою порівняно з аналогічною сировиною, одержаною з буркуну білого, на 47,3 і 51,3 %, з головатня круглоголового – на 41,3 і 32,8 %, з люпину вузьколистого – на 50,7 і 57,9 % та з фацелії пижмолістої – на 30 і 46 % відповідно.

Як зазначають Deineka (1997), Klym et al. (2023) та Khalifa et al. (2024), бджолине обніжжя є цінним природним продуктом, який містить понад 250 компонентів, серед яких основними є білки, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни та інші біологічно активні сполуки. Водночас, за даними Hudz et al. (2015), крім корисних складових, бджолине обніжжя може містити і шкідливі компоненти, концентрація яких значною мірою залежить від стану навколишнього середовища, у якому зростають рослини-нектаропилконоси.

Згідно з нашими дослідженнями, у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку нектаропилконосних культур, вирощених в умовах техногенного навантаження зони Полісся, зафіксовано коливання питомої активності радіонуклідів у таких межах: ^{40}K – від 389 до 540 Бк/кг, ^{226}Ra – від 20,6 до 49 Бк/кг, ^{232}Th – від 27,2 до 70 Бк/кг. Аналіз отриманих результатів свідчить, що найвищою питомою активністю ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th характеризується бджолине обніжжя, вироблене з квіткового пилку люпину вузьколистого. Натомість найнижчий рівень питомої

активності ^{40}K спостерігався у бджолиному обніжжі, отриманому з квіткового пилку головатня круглоголового, а для ^{226}Ra і ^{232}Th – з розторопші плямистої. Це може бути обумовлено як видовими особливостями рослин, так і відмінностями у здатності до акумуляції радіонуклідів.

Важливим фактором, який впливає на накопичення радіонуклідів у рослинній сировині, є використання мінеральних добрив у сільському господарстві. Інтенсивне застосування добрив сприяє підвищенню концентрації радіоізоотопів у ґрунтах, які, перебуваючи в обмінній формі, можуть включатися у трофічний ланцюг і накопичуватись у рослинах. Наші трирічні дослідження засвідчили, що внесення мінеральних добрив у нормі $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ під час вирощування розторопші плямистої та $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ фацелії пижмолістої призвело до підвищення питомої активності ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку цих культур.

Таким чином, отримані результати свідчать про необхідність здійснення моніторингу радіоекологічної безпеки бджолиного обніжжя, особливо за умов застосування мінеральних добрив, що може сприяти підвищенню рівня накопичення природних радіонуклідів у продукції бджільництва.

Висновки

Встановлено, що бджолине обніжжя, отримане з квіткового пилку буркуну білого, розторопші плямистої, головатня круглоголового, люпину вузьколистого та фацелії пижмолістої, вирощених на дерново-підзолистих ґрунтах за однакових умов, характеризується різною питомою активністю радіонуклідів. Питома активність ^{40}K у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку нектаропилконосних культур, варіювала в межах 389–540 Бк/кг, ^{226}Ra – 20,6–49 Бк/кг, а ^{232}Th – 27,2–70 Бк/кг. Найвищі рівні питомої активності ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th зафіксовані у бджолиному обніжжі з пилку люпину вузьколистого, тоді як найнижчі значення ^{40}K виявлені у продукції з пилку головатня круглоголового, а ^{226}Ra та ^{232}Th – з розторопші плямистої. Застосування мінерального удобрення ґрунтів для вирощування розторопші плямистої ($\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$) та фацелії пижмолістої ($\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$) призвело до підвищення питомої активності ^{40}K на 5,8 і 3,7 %, а ^{226}Ra – на 11,6 і 42,3 % відповідно.

ЛІТЕРАТУРА

- Адамчук Л. Класифікаційні ознаки бджолиного обніжжя. *Тваринництво України*. 2013. № 5. С. 16–21.
Гудзь Н. І., Рехлецька О. В., Філіпська А. М., Воробець Н. М. Проблеми стандартизації бджолиного обніжжя та перги як біологічно активних компонентів. *Науковий вісник НУБіП України*. 2015. Вип. 223. С. 96–103.

- Гуцол Г. В. Якість бджолиного обніжжя (пилку), виробленого бджолами в умовах забруднення медоносних угідь радіонуклідами. *Аграрна наука та технології*. 2019. Вип. 3 (106). С. 128–134.
- Дейнека С. Пилок як джерело білків та вітамінів. *Український пасічник*. 1997. № 8. С. 30–31.
- Калініна І. Г., Долгая М. М. Бджолине обніжжя як маркерний показник екологічного стану довкілля. *Біологія та валеологія*. 2015. Вип. 17. С. 123–128.
- Клим О. Я., Воробель М. І., Ковальський Ю. В., Рівіс Й. Ф., Каплінський В. В., Андрощулік Р. Л. Поживна цінність та сучасні підходи щодо використання бджолиного обніжжя. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 73 (1). С. 134–149.
- Шаповалов В. П. Вплив препарату «Апітонік» на протеолітичний потенціал і процеси внутрішньосудинної гемокоагуляції у хворих на деструктивний туберкульоз легень. *Укр. мед. альманах*. 2003. Т. 6, № 1. С. 155–158.
- Denisow B., Denisow-Pietrzyk M. Biological and therapeutic properties of bee pollen: A review. *Journal of the Science of Food & Agriculture*. 2016. Vol. 96 (13). № 4303–9. DOI: 10.1002/jsfa.7729.
- El-Seedi H.R., El-Wahed A.A.A., Salama S., Agamy N., Altaieb H.A., Du M., Saeed A., Di Minno A., Wang D., Daglia M., Guo Z., Zhang H., Khalifa S.A.M. Natural Remedies and Health; A Review of Bee Pollen and Bee Bread Impact on Combating Diabetes and Obesity. *Current Nutrition Reports*. 2024 Vol. 13 (4). P. 751–767. DOI: 10.1007/s13668-024-00567-3.
- Kabała-Dzik A., Szaflarska-Stojko E., Wróblewska-Adamek I., Stojko R. Experimental observations of the apitherapeutics use in the treatment of burn wounds. *Annales Academiae Medicae Silesiensis*. 2003. Vol. 54–55. P. 15–21.
- Khalifa S.A.M., Shetaia A.A., Eid N., Abd El-Wahed A.A., Abolibda T.Z., El Omri A., Yu Q., Shenashen M.A., Hussain H., Salem M.F., Guo Z., Alanazi A.M., El-Seedi H.R. Green Innovation and Synthesis of Honeybee Products-Mediated Nanoparticles: Potential Approaches and Wide Applications. *Bioengineering (Basel)*. 2024. Vol. 11 (8). № 829. DOI: 10.3390/bioengineering11080829.
- Kieliszek M., Piwowarek K., Kot A.M., Błażej S., Chlebowska-Śmigiel A., Wolska I. Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 71. P. 170–180. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.10.021.
- Komosinska-Vashev K., Olczyk P., Kazmierczak J., Mencner L., Olczyk K. Bee pollen: Chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2015. Vol. 2015. № 297425. DOI: 10.1155/2015/297425.
- Nesrin E.B. Vitamin, mineral, polyphenol, amino acid profile of bee pollen from *Rhododendron ponticum* (source of “mad honey”): nutritional and palynological approach. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2021. Vol. 15 (3). P. 2659–2666. DOI: 10.1016/j.arabjc.2021.103004.
- Olczyk P., Koprowski R., Kaźmierczak Ju., Mencner L., Wojtyczka R., Stojko J., Bee pollen as a promising agent in the burn wounds treatment. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2016. P. 1–12. DOI: 10.1155/2016/8473937.
- Pascoal A., Rodrigues S., Teixeira A., Feás X., Estevinho L. M. Biological activities of commercial bee pollens: antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*. 2014. Vol. 63. P. 233–239. DOI: 10.1016/j.fct.2013.11.010.
- Qiao J., Xiao X., Wang K., Haubruge E., Dong J., Zhang H. Rapeseed bee pollen alleviates chronic non-bacterial prostatitis via regulating gut microbiota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2023. Vol. 103 (15). P. 7896–7904. DOI: 10.1002/jsfa.12878.
- Razanova O., Kucheriavy V., Tsaruk L., Lotka H., Novgorodska N. Productive flight activity of bees in the active period in the conditions of Vinnytsia region. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2021. Vol. 9 (4). № 2138. DOI: 10.31893/jabb.21038.
- Tichy J., Novak J. Detection of antimicrobials in bee products with activity against viridans streptococci. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2000. Vol. 6 (5). P. 383–389. DOI: 10.1089/acm.2000.6.383.

REFERENCES

- Adamchuk, L. (2013). Klasifikatsiini oznaky bdzholinoho obnizhzhia [Classification features of bee pollen]. *Tvaryynytsvo Ukrainy*, 5, 16–21 [in Ukrainian].
- Deineka, S. (1997). Pylok yak dzherelo bilkiv ta vitaminiv [Pollen as a source of proteins and vitamins]. *Ukrains'kyi pasichnyk*, 8, 30–31 [in Ukrainian].
- Denisow, B., & Denisow-Pietrzyk, M. (2016). Biological and therapeutic properties of bee pollen: A review. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 96 (13), 4303–9. DOI: 10.1002/jsfa.7729.
- El-Seedi, H.R., El-Wahed, A.A.A., Salama, S., Agamy, N., Altaieb, H.A., Du, M., Saeed, A., Di Minno, A., Wang, D., Daglia, M., Guo, Z., Zhang, H., & Khalifa, S.A.M. (2024). Natural Remedies and Health; A Review of Bee Pollen and Bee Bread Impact on Combating Diabetes and Obesity. *Current Nutrition Reports*, 13 (4), 751–767. DOI: 10.1007/s13668-024-00567-3.
- Hudzi, N.I., Rehletska, O.V., Filipiska, A.M., & Vorobets, N.M. (2015). Problemy standartyzatsii bdzholinoho obnizhzhia ta perhy yak biologichno aktyvnykh komponentiv [Problems of standardization of bee pollen and bee bread as biologically active components]. *Naukovi vysnyk NUBiP Ukrainy*, 223, 96–103 [in Ukrainian].
- Hutsol, H.V. (2019). Yakist' bdzholinoho obnizhzhia (pylku), vyroblenoho bdzolamy v umovakh zabrudnennia medonosnykh ugid'iv radionuklidamy [Quality of bee pollen produced by bees in the conditions of contamination of forage lands with radionuclides]. *Ahrarna nauka ta tekhnolohii*, 3 (106), 128–134 [in Ukrainian].
- Kabała-Dzik, A., Szaflarska-Stojko, E., Wróblewska-Adamek, I., & Stojko, R. (2003). Experimental observations of the apitherapeutics use in the treatment of burn wounds. *Annales Academiae Medicae Silesiensis*, 54–55, 15–21.
- Kalinina, I.H., & Dolha, M.M. (2015). Bdzholyne obnizhzhia yak markernyi pokaznyk ekolohichnoho stanu dovkillia [Bee pollen as a marker indicator of the ecological condition of the environment]. *Bioloheia ta valeoloheia*, 17, 123–128 [in Ukrainian].
- Khalifa, S.A.M., Shetaia, A.A., Eid, N., Abd El-Wahed, A.A., Abolibda, T.Z., El Omri, A., Yu, Q., Shenashen, M.A., Hussain, H., Salem, M.F., Guo, Z., Alanazi, A.M., & El-Seedi, H.R. (2024). Green Innovation and Synthesis of Honeybee Products-Mediated Nanoparticles: Potential Approaches and Wide Applications. *Bioengineering (Basel)*, 11 (8), 829. DOI: 10.3390/bioengineering11080829.

- Kieliszek, M., Piwowarek, K., Kot, A.M., Błażej, S., Chlebowska-Śmigiel, A., & Wolska, I. (2018). Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 170–180. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.10.021.
- Klym, O.Ya., Vorobel, M.I., Kovalskyi, Yu.V., Rivis, Y.F., Kaplinskyi, V.V., & Androshulik, R.L. (2023). Pozhyvna tsinnist' ta suchasni pidkhody shchodo vykorystannia bdzholinoho obnizhzhia [Nutritional value and modern approaches to the use of bee pollen]. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 73 (1), 134–149 [in Ukrainian].
- Komosinska-Vassev, K., Olczyk, P., Kazmierczak, J., Mencner, L., & Olczyk, K. (2015). Bee pollen: Chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 297425. DOI: 10.1155/2015/297425.
- Nesrin, E.B. (2021). Vitamin, mineral, polyphenol, amino acid profile of bee pollen from *Rhododendron ponticum* (source of “mad honey”): nutritional and palynological approach. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15 (3), 2659–2666. DOI: 10.1016/j.arabjc.2021.103004.
- Olczyk, P., Koprowski, R., Kaźmierczak, Ju., Mencner, L., Wojtyczka, R., & Stojko, J. (2016). Bee pollen as a promising agent in the burn wounds treatment. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1–12. DOI: 10.1155/2016/8473937.
- Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feás, X., & Esteveinho, L.M. (2014). Biological activities of commercial bee pollens: antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*, 63, 233–239. DOI: 10.1016/j.fct.2013.11.010.
- Qiao, J., Xiao, X., Wang, K., Haubruge, E., Dong, J., & Zhang, H. (2023). Rapeseed bee pollen alleviates chronic non-bacterial prostatitis via regulating gut microbiota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103 (15), 7896–7904. DOI: 10.1002/jsfa.12878.
- Razanova, O., Kucheriavy, V., Tsaruk, L., Lotka, H., & Novgorodska, N. (2021). Productive flight activity of bees in the active period in the conditions of Vinnytsia region. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 9 (4), 2138. DOI: 10.31893/jabb.21038.
- Shapovalov, V.P. (2003). Vplyv preparatu “Apitonik” na proteolitychnyi potentsial i protsesy vnutrishnosudynnoi hemohoahtsiatsii u khvorykh na destruktivnyi tuberkuloz lehien' [The effect of the “Apitonik” preparation on proteolytic potential and processes of intravascular hemocoagulation in patients with destructive pulmonary tuberculosis]. *Ukr. med. al'manakh*, 6 (1), 155–158 [in Ukrainian].
- Tichy, J., & Novak, J. (2000). Detection of antimicrobials in bee products with activity against viridans streptococci. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 6 (5), 383–389. DOI: 10.1089/acm.2000.6.383.

Стаття надійшла до редакції 20.11.2024
Стаття прийнята до друку 07.02.2025

Конфлікт інтересів: відсутній.

Внесок авторів:

Разанов С. Ф. – ідея, дизайн дослідження, корегування статті;
Куценко М. І. – участь у написанні статті, збір та аналіз літератури;
Разанова А. М. – корегування статті, висновки;
Разанов О. С. – збір та аналіз літератури;
Лисак Г. А. – участь у написанні статті, анотації;
Павкович С. Я. – участь у написанні статті, резюме;
Огороднічук Г. М. – участь у написанні статті;
Гуцол Г. В. – участь у написанні статті;
Гусак О. Б. – участь у написанні огляду літератури.

Електронна адреса для листування з авторами: razanovsergej65@gmail.com