

ДОСЛІДЖЕННЯ АКТИВНОСТІ КАЛІЮ-40 В ҐРУНТІ БОТАНІЧНОГО САДУ, ПАРКОВИХ ТА УРБАЛАНДШАФТАХ МІСТА ЖИТОМИРА

Дунаєвська О.Ф., Борисюк Б.В., Сокульський І.М., Світельський М.М., Ковальчук О.М.

Поліський національний університет
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир
oksana_fd@ukr.net, sokulskiy_1979@ukr.net

Велика кількість досліджень та нормативних документів присвячені вивченню розподілу і вмісту цезію-137 і стронцію-90 в об'єктах довкілля та продуктах харчування. Природний радіаційний фон утворюється переважно ізотопами земної кори: калій-40, радій-226, торій-232. Вміст певних природних радіонуклідів нормується: радій-226,228, торій-230,232, калій-40, радон-222, уран-238, торій-232, торій-230 у воді, мінеральних добривах, посуді з глини тощо. Калій-40 накопичується у рослинах, має високу питому активність в ґрунті, додатково вноситься разом з калійними добривами. Тому вивчення розподілу калію-40 в ґрунтах є актуальним науковим завданням.

Проби ґрунту, відібрані на території Ботанічного саду імені Героїв-десантників, парку відпочинку Шодуара м. Житомира, вулиці Університетська прибудинкової території, були проаналізовані на вміст калію-40 у сертифікованій вимірювальній лабораторії Поліського національного університету на приладі гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315.

Питома активність ^{40}K в пробах ґрунту свідчить про його високий вміст (157,1 – 963,1 Бк/кг). Найвищий показник був відмічений у торфовому ґрунті водойми Ботанічного саду. Ґрунти Ботанічного саду не однорідні за видом та вмістом ^{40}K . Високу питому активність має технозем (380,2±17,4 Бк/кг), але найвища активність ^{40}K зафіксована у торф'яному ґрунті на березі водойми (963,1±41,9 Бк/кг). Високий вміст ^{40}K пояснюється горизонтальною міграцією на нижчий рівень (водойма) та утримання його за рахунок капілярної вологості ґрунту. Склад рослин території впливає на вміст ^{40}K в ґрунті, оскільки виніс калію з ґрунту є видовим і родовим показником, відповідно, характеризується різним залишком в ґрунті. Питома активність ґрунту урболандшафту за ^{40}K не перевищує його кількість у ґрунті ботанічного саду, проте дещо вища за аналогічний показник Шодуарівського парку. Питома активність проб ґрунту з Шодуарівського парку становила значення в діапазоні 286,5 – 390,0 Бк/кг. Отримані результати потребують подальшого детального вивчення з обов'язковим аналізом вмісту цього ізотопу в різних формах та органах рослин. *Ключові слова:* калій-40, питома активність, ґрунт, ботанічний сад, парк, урболандшафт

Study of activity of potassium-40 in the soil of the botanical garden, parks and urban landscapes of the city of Zhytomyr.
Dunaievska O., Borysiuk B., Sokulsky I., Svitelskyi M., Kovalchuk O.

A lot of research and regulatory documentation are devoted to studying the distribution and content of caesium-137 and strontium-90 in environmental materials and food products. Natural background radiation is primarily composed of isotopes found in the Earth's crust, such as potassium-40 (^{40}K), radium-226 and thorium-232. The content of certain natural radionuclides is regulated, including radium-226 and -228, thorium-230 and -232, ^{40}K , radon-222 and uranium-238 in water, mineral fertilisers and clay dishes. ^{40}K accumulates in plants and has a high specific activity in soil; it is also added to potash fertilisers. Therefore, studying the distribution of ^{40}K in soils is a relevant scientific objective.

Soil samples were taken from the Botanical Garden named after the Heroes; the Shoduar Recreation Park in Zhytomyr, area on Universytetska Street and analysed for their ^{40}K content at the certified Measurement Laboratory of Polissia National University using an MKS-AT1315 gamma-beta spectrometer.

The high specific activity of ^{40}K in soil samples (157.1–963.1 Bq/kg) indicates its significant presence. The highest value was recorded in the peat soil of the Botanical Garden reservoir. The soils in the Botanical Garden are heterogeneous in terms of both type and ^{40}K content. Although technosol has a high specific activity (380.2 ± 17.4 Bq/kg), the highest ^{40}K activity was recorded in the peat soil on the reservoir's shore (963.1 ± 41.9 Bq/kg). This high content can be explained by horizontal moisture migration to a lower level and retention. The composition of the plant life in an area affects the ^{40}K content of the soil since the removal of its from the soil varies depending on the species and genus, leaving different residues in the soil. The specific activity of ^{40}K in urban landscapes does not exceed that in the Botanical Garden but is higher than the similar indicator in Shoduarivsky Park. The specific activity of soil samples from Shoduarivsky Park ranged from 286.5 to 390.0 Bq/kg. Further detailed study is required to analyse the content of this isotope in various forms and plant organs. *Key words:* potassium-40, specific activity, soil, botanical garden, park, urban landscape



Постановка проблеми. Іонізуюче випромінювання відоме людству з кінця XIX століття. Найбільше розповсюдженням його застосуванням у світі є використання рентгенівського випромінювання у медицині, створення ядерної зброї та атомних електричних станцій. Після аварії на четвертому енергоблоці Чорнобильської атомної електростанції у 1986 році територія нашої країни зазнала радіоактивного забруднення. Для проведення заходів з радіаційного захисту радіоактивно забруднені території були поділені на чотири зони, що зумовлено визначенням щільності забруднення ґрунту ізотопами цезію, стронцію, плутонію відповідно до Закону України від 27.02.1991 № 791а-ХІІ «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи». Основні критерії протирадіаційного захисту та радіаційної безпеки прописані в Державних гігієнічних нормативах "Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)", які були введені в дію Постановою № 62 від 01.12.97 МОЗ України. Для регулювання дози внутрішнього опромінення населення і неперевищення річної ефективної дози в 1 мЗв у питній воді та продуктах харчування нормується вміст радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90 (Державні гігієнічні нормативи "Допустимі рівні вмісту радіонуклідів Cs 137 та Sr 90 у продуктах харчування та питній воді": Наказ МОЗ України 03.05.2006 № 256), які можуть надходити за ланцюгом ґрунт-рослина-тварина-людина після забруднення ними довкілля в результаті Чорнобильської катастрофи. І хоча з моменту аварії на ЧАЕС пройшло майже сорок років, перевищення допустимих рівнів радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90 спостерігали у продуктах харчування, особливо, зібраних у лісі [1]. Проте не слід забувати про існування природного радіаційного фону, утвореного переважно ізотопами земної кори [2]. Проведеними науковими дослідження встановлено значний вміст калію-40, радію-226, торію-232 в зразках ґрунту та воді [3, 4]. Вміст певних природних радіонуклідів згідно НРБУ-97 нормується: радій-226, торій-232, калій-40 у будівельних матеріалах і мінеральній сировині; радон-222, радій-226, радій-228 у воді господарсько-питного водопостачання; уран-238, торій-232, торій-230 у мінеральних добривах; радій-226, торій-232, калій-40 у посуді з глини тощо; уран-238, радій-226, торій-232 у мінеральних барвниках. Вагома частина досліджень вітчизняних науковців присвячена вивченню міграції та вмісту радіонуклідів, вивчення шляхів міграції, накопичення радіоактивних речовин, в тому числі природного походження, є актуальним та необхідним завданням для екологів, виробників продукції, в першу чергу, сільськогосподарської, медиків.

Актуальність дослідження. Визначення вмісту ^{40}K проводять в різних країнах. Так, в Центральному Раку питома активність цього ізотопу у ґрунтах

знаходилася в діапазоні 208 – 530 Бк/кг [5]. Питома активність за ^{40}K ґрунту Ефіопії мала значення 330 Бк/кг [6]. Дослідженнями вітчизняних науковців встановлено, що джерелом надходження калію-40 в довкілля, особливо, площ навколо ТЕЦ, є продукти спалювання вугілля, при цьому на таких територіях збільшується потужність експозиційної дози гамма-випромінювання [7]. Радіоекологічні дослідження прилеглої до полігонів побутових відходів виявили неоднорідність розповсюдження як техногенних, так і природних радіонуклідів, в тому числі калію-40, що створює додатковий радіаційний вплив на екосистеми [8]. Важливими є результати, отримані при вивченні накопичення калію-40 та інших радіоактивних ізотопів рослинами. Встановлено, що вегетативні частини люпину та еспарцету здатні до накопичення калію-40 у значно більших кількостях, ніж цезію-137 [9]. Таким чином, всебічне дослідження питомої активності калію-40 в складових довкілля, продукції рослинництва та тваринництва є важливим завданням радіоекології.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дане дослідження виконано відповідно до теми НДР «Моніторингові дослідження біосфери Українського Полісся», затвердженої у МОН України (державний реєстраційний номер 0124U000645).

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про перспективність комплексних досліджень на вміст як природних, так і індустріальних (антропогенних, техногенно-підсилених) радіоактивних речовин. Такі дослідження дозволили Куценко М.І. (2024) встановити, що вегетативна маса фацелиї пижмолистої накопичує калію-40 у вісім разів більше, ніж цезію-137, а радію-226 і торію-232 при цьому вдвічі та втричі менше відповідно. Саме цю рослину можна радити у якості фіторемедіанта, яка одночасно є медоносом, невибаглива до ґрунту, покращує його властивості та зменшує кислотність і, одночасно, у якості попередника буде знижувати вміст радіоактивних речовин у ґрунті [10]. Для підвищення врожайності використовують добрива органічного та неорганічного походження.

Праця авторського колективу Гангур В. В., Лень О. І., Гангур М. В. (2022) демонструє залежність врожайності культур не лише від родючості ґрунту, а й від обробітку. Обробіток ґрунту впливає на вміст азоту, калію, фосфору в ньому, його розподіл в шарах, а, значить, краще розкриває біологічний потенціал продуктивності [11]. Науковці Гамаюнова В.В., Сидякіна О.В. (2024) провели десятирічні дослідження балансу калію в ґрунті України та багатьох країн світу. Встановлено, що використання калійних добрив у світі збільшилося майже на 40 %, середній показник внесення дорівнює 20,6 кг на 1 га. Виніс калію з ґрунту України також зріс на 41 % [12]. Значить, внесення калій-

них добрив буде зростати. Оскільки в мінеральних добривах присутній ізотоп калію-40, одночасно буде привноситися і він в ґрунт та, очевидно, збільшувати показник питомої активності. Такі дані перспективно використовувати і у випадку вивчення розподілу калію-40. Врадій О. І.(2025) зазначає, що калій-40 має значний внесок у створенні природного радіаційного фону. Цей ізотоп також накопичується у рослинах, особливо родини бобових. Мінеральні добрива у вигляді калію хлориду сприяють додатковому внесенню, окрім калію-40, цезію-137, радію-226, торію-232 [13]. Таким чином, актуальним завданням радіоекології є вивчення вмісту природного радіонукліда калію-40 в ґрунті, оскільки за літературними джерелами він має істотний вплив на формування природного радіаційного фону, вноситься разом з мінеральними добривами та накопичується в рослинній продукції.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою статті є вивчення вмісту калію-40 в ґрунті різних ландшафтів міста Житомира – парку, ботанічного саду, прибудинкової території. Особливо важливим є визначення калію-40 в об'єкті природно-заповідного фонду для створення карти розповсюдження радіонукліда в ґрунтах та отримання контрольного значення для сільськогосподарських земель, які отримують додаткове надходження цього радіоактивного ізотопу, наприклад, з калійними добривами.

Новизна. Ми започаткували визначення питомої активності калію-40 в зразках ґрунту на території міста Житомир. Це особливо цінне для подальших досліджень зразків ґрунту та порівняльного аналізу.

Загальнонаукове значення. Визначена питома активність зразків ґрунту ботанічного саду, паркової території та прибудинкових територій в місті Житомир дозволила окреслити його розповсюдження та висунути гіпотезу для подальших радіоекологічних досліджень.

Викладення основного матеріалу. Нами дослідження були проведені у березні-листопаді 2025 року.

Відбір зразків ґрунту проводили на території Ботанічного саду імені Героїв-десантників, парку відпочинку Шодуара м. Житомира, вулиці Університетська 59 прибудинкової території відповідно до вимог ДСТУ 4287:2004 «Якість ґрунту. Відбирання проб». Точкові проби отримували з використанням бура БП-25-15 на глибині 0-20 см. Точкові проби об'єднували у аналітичну пробу масою 1 кг. Радіологічні визначення калію-40 проводили у сертифікованій вимірювальній лабораторії Поліського національного університету на приладі гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315 (АТОМТЕХ).

Характеристика ґрунту у місцях відбору проб та їх питома активність наведені в таблиці 1.

Отримані нами результати вмісту ^{40}K в ґрунті мають значення від 157,1 до 461,9 Бк/кг (табл. 1). Ботанічний сад Поліського університету належить до об'єктів природно-заповідного фонду, на території якого дозволена рекреаційна та наукова діяльність відповідно до закону України «Про природно-заповідний фонд України» (№ 2457-ХІІ від 16.06.92). Ґрунти Ботанічного саду не однорідні за видом та вмістом ^{40}K . Високу питому активність має технозем (табл. 1), але найвища активність

Таблиця 1

Питома активність ґрунту за радіонуклідом ^{40}K в місцях відбору

| № точок | Місце відбору | Характеристика ґрунту та місця відбору | Питома активність, Бк/кг |
|---------|----------------------|---|--------------------------|
| 1 | Ботанічний сад | Темний сірий лісовий, непорушний, типовий | 157,10±11,3 |
| 2 | Ботанічний сад | Темний сірий лісовий, непорушний, типовий | 461,9±26,7 |
| 3 | Ботанічний сад | Темний сірий лісовий, непорушний, типовий | 362,2±21,8 |
| 4 | Ботанічний сад | Темний сірий опідзолений | 307,2±19,6 |
| 5 | Ботанічний сад | Лучний (привезений технозем) | 380,2±17,4 |
| 6 | Ботанічний сад | Торф'яний, водойма | 963,1±41,9 |
| 7 | Шодуарівський парк | Рекреаційна зона (початок парку), дерново- підзолистий | 390,0±23,1 |
| 8 | Шодуарівський парк | Рекреаційна зона (середина паркової зони), дерново- підзолистий | 362,5±16,2 |
| 9 | Шодуарівський парк | Рекреаційна зона, берег річки Тетерів, дерново-підзолистий | 286,5±17,5 |
| 10 | Шодуарівський парк | Донні осади річки Тетерів, піщаний | 380,29±20,7 |
| 11 | вул. Університетська | Дерново- підзолистий | 414,13±9,8 |

^{40}K зафіксована у торф'яному ґрунті на березі водойми (табл. 1). Такий високий вміст ^{40}K можна пояснити попереднім застосуванням калійних добрив у навезеному ґрунті та горизонтальною міграцією ^{40}K на нижчий рівень (водойма) та утримання його за рахунок капілярної вологості ґрунту. Результати вмісту ^{40}K в точках 1-3 (табл. 1) мають різні значення, що ми пов'язуємо з різним видовим складом рослин цих територій. Так, у точці 1 основними представниками флори є бук, верба, глід, самшит, робінія; в точці 2 – горіх, дуб, ліщина, ялина; в точці 3 – барбарис, вишня, смородина, туя. Очевидно, що різним рослинам притаманний різний вміст калію з ґрунту і, відповідно, різним залишком в ґрунті. Шодуарівський парк є популярним рекреаційним об'єктом міста. Впродовж останніх десяти років відбувається реконструкція та впорядкування паркової зони з висівом трав, насадженням дерев, що не виключає використання добрив та додаткового надходження ^{40}K . Питома активність ґрунту урболандшафту за ^{40}K не перевищує його кількість у ботанічному саду, який як об'єкт природно-заповідного фонду можна вважати за контрольне значення або природний раді-

аційний фон. Joel et al. (2021) визначили глобальний природний фон за ізотопом калію-40 в Нігерії до 330 Бк/кг, що не суперечить нашим дослідженням [14].

Головні висновки. Питома активність ^{40}K в пробах ґрунту свідчить про його високий вміст (157,1 – 963,1 Бк/кг). Найвищий показник був відмічений у торфовому ґрунті водойми Ботанічного саду. Такі результати потребують подальшого детального вивчення з обов'язковим аналізом вмісту цього ізотопу в різних формах та органах рослин. При викладанні навчальних дисциплін, що розглядають іонізуюче випромінювання, необхідно акцентувати увагу на протирадіаційному захисті та потенційній небезпеці використання радіоактивних речовин і вказувати на велику частку ^{40}K у ґрунті.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати питомої активності калію-40 в ґрунтах Ботанічного саду Поліського національного університету як об'єкту природно-заповідного фонду, дозволяє їх використовувати як фонове або контрольне значення для оцінки питомої активності цього ізотопу в сільськогосподарських угіддях.

Література

1. Дунаєвська О., Ковальчук О., Махінко Р., Базильчук О. Радіоактивність за цезієм-137 та стронцієм-90 складових довокілья післячорнобильського періоду у 2024 році. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2025. Т. 16. № 1. С. 19-26. DOI: 10.69628/esbur/1.2025.19
2. Полякова І. О. Прихована радіаційна небезпека від джерел природного походження. *Engineering sciences: development prospects in countries of Europe at the beginning of the third millennium: Collective monograph. Volume 2*. Riga : Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2018. С. 269-296.
3. Дунаєвська О.Ф., Сокульський І.М., Ковальчук О.М., Махінко Р.Г. Результати проведення радіоекологічного моніторингу ґрунту за вмістом природного радіонукліду калій-40. *Екологічні науки*. 2025. № 2 (59). С. 135-139. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.2-59.20>
4. Калда Г.С., Шевеля В.В., Рибалка К.А., Живець Я. Аналіз радіоактивного забруднення регіонів України та Польщі. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2022. № 6 (012). С. 59-55. DOI: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.271222.59.911>
5. Department of Environment, Ministry of Oil, Basra Oil Company, Basra, Iraq. Determining The Specific Activity of Radioactive Isotopes of, ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{40}K , ^{137}Cs in The Soils of Selected Areas of Najaf city - Central Iraq. *International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)* (09.11.2022, Ankara, Turkey). 2022. pp. 1-7. DOI: 10.1109/HORA55278.2022.9799995
6. Tadesse Abate. The Activity Concentrations of Radionuclides ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K of Soil Samples in the Case of Metekel Zone, Ethiopia. *EPJ Nuclear Sci. Technol.* 2022. 8 (14). P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1051/epjn/2022011>
7. Оцінка радіаційної обстановки техногенного ландшафту Бурштинського району. В. А. Левченко, О.П. Петровський, Д. Ю. Юрченко та ін. *Галицький лікарський вісник*. 2016. Т. 23, число 1. С. 122-125. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glv_2016_23_1_41.
8. Скиба Т. Радіаційно-екологічна оцінка екосистем у зонах техногенного навантаження (на прикладі сміттєзвалищ побутових відходів). Біологічні, хімічні та екологічні загрози під час війни : колективна монографія / за заг. ред. В. В. Поповича, В. О. Сергієнка, Н. О. Іванченко. Львів : ЛДУБЖД, 2025. С. 380–390. DOI: <https://doi.org/10.32447/bcet.2025.25>
9. Разанов С.Ф., Кущенко М.І. Оцінка рівня накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими бобовими нектаропилконосними рослинами в умовах північного Полісся. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 3 (34). С. 198-207. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-3-17
10. Кущенко М.І. Інтенсивність накопичення радіонуклідів вегетативною масою фацелії пижмолістої. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 139. Ч. 1. С. 273-279. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.1.35>
11. Гангур В. В. ., Лень О. І. ., Гангур М. В. Вплив різних систем обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим в зоні лівобережного лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. № 1. С. 38-44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.04>
12. Гамаюнова В.В., Сидякіна О.В. Калійне живлення і його баланс в Україні та країнах світу. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 141. Частина 1. С. 38-52. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.6>

13. Врадій О. І. Вплив мінерального удобрення за вирощування соняшнику на питому активність ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra та ^{232}Th у сірому лісовому ґрунті в умовах Лісостепу Правобережного: зб. матер. IV Міжнар. наук.-практ. конф. "Vin Smart Eco". 15-17 тр. 2025 р. Вінниця: ТОВ "Твори", 2025. С. 199-202.
14. In-situ assessment of natural terrestrial-radioactivity from Uranium-238 (^{238}U), Thorium-232 (^{232}Th) and Potassium-40 (^{40}K) in coastal urban-environment and its possible health implications. Joel E.S., Omeje M., Olawole O.C. et al. *Sci Rep.* 2021. Sep 2;11(1):17555. doi: 10.1038/s41598-021-96516-z.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026