

plants. *EFSA Journal*. 2021. Vol. 19, № 11. URL: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6611>.

УДК 574.2:582.29:539.16

**РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ НАКОПИЧЕННЯ
¹³⁷Cs У ЛИШАЙНИКАХ ЯК БІОІНДИКАТОРАХ
РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ**

Стрильбіцька В. В., Яворівський Р. Л.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: valiastrylbitska@gmail.com, forik-botan@i.ua

Радіоекологічний моніторинг є важливою складовою оцінки стану навколишнього природного середовища в умовах радіоактивного забруднення, оскільки дозволяє відстежувати міграцію радіонуклідів та їхній вплив на біоту. Серед довгоживучих радіонуклідів особливе значення має цезій-137 (¹³⁷Cs), який характеризується високою мобільністю в екосистемах і здатністю накопичуватися в компонентах біоти протягом тривалого часу після надходження у довкілля.

Ефективними біоіндикаторами радіаційного забруднення є лишайники – симбіотичні організми, що не мають кореневої системи та отримують воду і мінеральні речовини переважно шляхом поглинання всією поверхнею талому з атмосферних опадів, аерозолів і пилу. Органічні речовини при цьому синтезуються фотобіонтом (водорістю або ціанобактерією) у процесі фотосинтезу. Завдяки таким особливостям лишайники здатні акумулювати радіонукліди, зокрема ¹³⁷Cs, і слугувати надійним індикатором рівня радіоактивного забруднення територій, що обґрунтовує їх використання у радіоекологічному моніторингу.

Ліхеноіндикація аналізує покрити лишайників і їхні біологічні реакції на антропогенний вплив та відповідає вимогам, поставленим до індикаторних видів, що дозволяє зібрати великий обсяг даних завдяки тому, що лишайники широко розповсюджені, відіграють важливу роль у кругообігу речовин і утворюють значну біомасу в біогеоценозах. Виняткова чутливість лишайників до змін хімічного складу атмосферного повітря

зумовлена відсутністю кореневої системи й кутикулярного шару, що забезпечує поглинання хімічних сполук усією поверхнею слані [1, с. 28].

Науковці, котрі займаються дослідженнями у сфері ліхеноіндикації, проводять картування лишайникових покривів та розрахунок синтетичних індексів, зокрема індексу чистоти повітря та індексу полеотолерантності (загального показника стійкості лишайників до забруднення). Аналіз реакції на забруднення показує, що у кожного виду вона має свої біологічні особливості: наприклад, кущисті роди Рамаліна (*Ramalina*) й Уснея (*Usnea*) зникають першими, тоді як накипні види є значно стійкішими до дії забруднювальних чинників. Після аварії на Чорнобильській АЕС вміст радіонуклідів у сланях лишайників виявився значно більшим, ніж у вищих рослин на досліджуваній території [3].

Слані лишайників здатні накопичувати й утримувати радіонукліди, зокрема ^{137}Cs виводиться з їхніх таломів понад 17 років. Водночас, деякі види лишайників характеризуються тривалим життєвим циклом і можуть існувати сотні років. Порівняно з іншими рослинами, лишайники також ефективно акумулюють важкі метали: Fe – у 5 разів більше, Pb і Cd – у 2–3 рази. Ксилофіти й трав'янисті рослини майже не реагують на забруднення ^{137}Cs і ^{134}Cs , тоді як лишайники накопичують їх значно ефективніше. Це найбільш помітно у кладонії дюймової (*Cladonia uncialis*) та цетрарії ісландської (*Cetraria islandica*), які завдяки певним особливостям вибірково поглинають ^{137}Cs . Після аварії на ЧАЕС вміст Cs у лісових екосистемах зріс у 100 разів, ^{90}Sr – у 1100 разів [1, с. 40–46].

Також *Cladonia uncialis* швидко поглинає ^{137}Cs – стан рівноваги у тканинах слані встановлюється вже через декілька діб після контакту з атмосферними випадіннями радіонуклідів. Промивання зразків майже не позначалося на вимірюваній активності ізотопу, що свідчить про проникнення цезію всередину клітин. Близько половини загального обсягу ^{137}Cs в атмосферних випадіннях лишайник стабільно засвоював за будь-якої концентрації забруднення, тобто цей процес не залежав від дози, що робить вид особливо цінним для проведення радіоекологічного моніторингу [5, с. 1–10].

Дослідження епігейних лишайників родини Кладонієві (*Cladoniaceae*) показали міжвидові відмінності у накопиченні ^{137}Cs : його концентрація змінювалась від 3975 до 9182 Бк/кг. Встановлено, що коефіцієнт накопичення ^{137}Cs для лишайників варіював від 3,2 до 6,5, тоді як для зелених мохів він був дещо вищим – від 3,8 до 7,7 [4, с. 91–92].

Аварія на Чорнобильській АЕС спричинила масштабні негативні наслідки для довкілля та поставила під загрозу функціонування екосистем значної частини європейського регіону. Лісові масиви Українського Полісся відіграли роль природного бар'єра на шляху поширення радіоактивного забруднення, акумулюючи значну його частину у компонентах біогеоценозів. У цих умовах лишайники виступають ефективними біоіндикаторами радіонуклідного забруднення завдяки здатності безпосередньо накопичувати радіонукліди з атмосферних опадів усією поверхнею слані, що зумовлено відсутністю кореневої системи та кутикулярного шару. Аналіз показав наявність міжвидових відмінностей у здатності до акумуляції ^{137}Cs , а також високу ефективність його поглинання представниками родів *Cladonia* та *Cetraria*. Застосування методів ліхеноіндикації дозволяє здійснювати комплексну оцінку стану атмосферного повітря та рівня радіаційного навантаження, що робить лишайники важливим інструментом радіоекологічного моніторингу та оцінки екологічного стану територій, забруднених радіонуклідами.

Список літератури:

1. Григор'єва Л. І. Прикладні аспекти біоіндикації і біоремедіації довкілля : навч. посіб. Миколаїв : Вид-во ЧНУ імені Петра Могили, 2025. 120 с. URL: <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/2845> (дата звернення: 06.04.2026).

2. Ковальова А. О., Мартиненко А. П., Мартиненко В. Г. Ліхеноіндикація діяльності уранодобувних підприємств. *Наукові записки КНТУ*. Кіровоград, 2014. Вип. 15. С. 75–77. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/items/631fda68-130b-45f9-949a-1653ad40efb0> (дата звернення: 06.04.2026).

3. Кондратюк С. Я. Ліхеноіндикація. *Енциклопедія Сучасної України* / редкол.: І. М. Дзюба та ін. ; НАН України.

Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2016.
URL: <https://esu.com.ua/article-55887> (дата звернення: 06.04.2026)

4. Мельник В. В., Курбет Т. В. Радіоактивне забруднення ^{137}Cs мохово-лишайникового покриву в умовах свіжого субору. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 3. С. 88–92. URL: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/1550> (дата звернення: 06.04.2026).

5. Saniewski M., Węgrzyn M. H., Fałowska P., Dziurawicz P., Waszkiewicz K., Zalewska T. Determination of Lichens' Bioaccumulation Capacity for Radioactive Isotopes Under Laboratory Conditions as a Basis for Their Application as Biomonitors. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, № 23. С. 12. URL: <https://doi.org/10.3390/app142311455>.

УДК 504.054:551.58(477.84)

**ЧОРНОБИЛЬСЬКА КАТАСТРОФА ТА ЇЇ ВПЛИВ НА
ТЕРИТОРІЮ ЧОРТКІВСЬКОГО РАЙОНУ
ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Таранова Н. Б.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: tnb2010@tnpu.edu.ua

Чорнобильська катастрофа 26 квітня 1986 року є однією з наймасштабніших техногенних аварій, що зумовила формування тривалого радіоекологічного впливу на значні території Європи. За оцінками UNSCEAR, у перші дні після аварії в атмосферу було викинуто значні обсяги радіонуклідів, серед яких найбільш важливими за радіобіологічним ефектом були короткоживучий йод-131 ($T_{1/2} \approx 8$ діб) та довгоживучий цезій-137 ($T_{1/2} \approx 30$ років) [3].

Поширення радіоактивних аерозолів відбувалося під впливом складної синоптичної ситуації. У період 26 квітня – початку травня 1986 року спостерігалася зміна напрямків повітряних мас, що спричинило багатовекторне перенесення радіонуклідів. Визначальним чинником формування рівнів забруднення стало випадіння опадів, які забезпечували інтенсивне осадження радіоактивних частинок (процеси rainout і