

## ВИКОРИСТАННЯ БІОІНДИКАТОРІВ ДЛЯ ОЦІНКИ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПРИКЛАДІ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Показано, що залежно від анатомо-морфологічних особливостей та місць проростання різні біоіндикатори по-різному накопичують радіонукліди. Ефект акумулювання нуклідів лишайниками досягається за рахунок великої сорбційної поверхні. Забруднення грибів нуклідами тісно пов'язане зі щільністю забруднення ґрунтів, на яких вони проростають.

**Ключові слова:** біоіндикація, забруднення, біоіндикатор, радіонуклід.

Показано, что в зависимости от анатомо-морфологических особенностей и мест прорастания разные биоиндикаторы по-разному накапливают радионуклиды. Эффект аккумуляции нуклидов лишайниками достигается за счет большой сорбционной поверхности. Загрязнение нуклидами грибов тесно связано с плотностью загрязнения почв, на которых они растут.

**Ключевые слова:** биоиндикация, загрязнение, биоиндикатор, радионуклид.

Showed various depending accumulating radionuclide's from anatomo-morphological features and germinals of different bioindicators. The effect of nuclides accumulation at cladinas came due to a large sorb surface. Contamination nuclides in mushrooms is the contamination of soils which they germinate on closely associated with a closeness.

**Keywords:** bioindication, contamination, bioindicator, radionuclide.

**Вступ.** Зарубіжні та вітчизняні дослідники все частіше рекомендують оцінювати рівні забруднення навколишнього середовища на основі спостережень за біологічними об'єктами, які можуть бути індикаторами забруднень довкілля. Це нашоє на думку, що рослини, тварини та їх угруповання представляють перспективну галузь біоіндикації через високу чутливість до змін довкілля, що відбуваються під впливом антропогенних чинників. За допомогою рослин і їх угруповань оцінюють дію та наслідки антропогенних впливів: порушення природних ландшафтів, забруднення повітря, водного середовища та ґрунтів; обґрунтовують заходи з організації екологічного моніторингу [2, 3].

Чільне місце серед навантажень, що чинять тиск на ґрунт, рослини, тварин, людей, посідає питання радіоекологічної чистоти довкілля. На сучасному етапі вивчення закономірностей міграції радіонуклідів у природних біогеоценозах велика увага приділяється дослідженням окремих видів рослин, які займають особливе місце в групах тих чи інших рослинних формацій [1, 4].

З цієї точки зору значний інтерес представляють лишайники. В силу своїх еколого-морфологічних особливостей їм належить істотна роль в процесі первинного перехвату і акумуляції радіонуклідів, які поступають на земну поверхню. Лишайники виявились зручним об'єктом для біоіндикації, оскільки завдяки достатньо довгому життєвому циклу, вони можуть відображати стан оточуючого середовища, показуючи своєю присутністю чи відсутністю місце накопичення в екологічних системах різного роду забруднень.

**Мета та завдання.** Дана робота присвячена дослідженню накопичення радіонуклідів лишайниками та грибами, що ростуть на різних по забрудненості радіонуклідами територіях.

**Виклад основного матеріалу.** Метод растрового картування з послідовним дослідженням кожного квадрату всіх придатних для лишайників місцезнаходжень добре себе зарекомендував і дозволяє мінімізувати можливість пропуску рослин.

Для нашого дослідження, ми вибрали три основних квадрати міста Чернівці: вул. Нововінницьку з інтенсивним рухом автотранспорту і дві паркові зони – парк «Жовтневий», що знаходиться у житловому масиві міста, і парк по вул. Київській, що знаходиться близько до центральної частини міста. Ці квадрати також відрізняються за щільністю забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$ : парк «Жовтневий» – 0,12  $\text{Ki}/\text{km}^2$ , парк по вул. Київській – 0,49  $\text{Ki}/\text{km}^2$ , вул. Нововінницька – 1,62  $\text{Ki}/\text{km}^2$ .

У цілому видове різноманіття лишайників зростає з віддаленням від дороги з інтенсивним рухом автотранспорту і від центральної частини міста. Максимальна кількість видів лишайників виявлена в парку «Жовтневий»: лишайники роду *Xanthoria parietina* (L.) Beltr. і роду *Hipogymnia physodes* (L.) Nyl. На території парку по вул. Київській виявлено тільки лишайники роду *Hipogymnia physodes*, а в лісо-смугі по вул. Нововінницькій – *Xanthoria parietina*.

Виявлені в м. Чернівцях лишайники за чутливістю до забруднення повітря відносяться до двох з п'яти класів, що звичайно виділяються. Представники найчутливіших видів на території міста не виявлені. Аналіз співвідношення представників цих класів у тому чи іншому квадраті так, як і кількість видів, дозволяє робити висновки про відносну ступінь забруднення повітря в різних частинах міста. Оскільки в місті відсутні представники лишайників, що відносяться до класу дуже чутливих до забруднення повітря – не виносять домішок діоксиду сірки, продуктів згоряння палива, пилу та інших токсикантів, – можна зробити висновок, що в місті немає ідеально чистих ділянок з нормальною якістю повітря. Деяко більш чисте, в порівнянні з іншими частинами міста, повітря в парку житлового масиву. Для інших районів можна говорити не про чистоту повітря, а про ступінь його забрудненості.

Результати наших досліджень можна використовувати в якості початкової точки для можливих подальших регулярних спостережень за станом ліхенофлори в Чернівцях і висновків про динаміку чистоти повітря в місті.

Оскільки лишайники відрізняються здатністю до накопичення радіонуклідів в кількостях, які в багато разів перевищують їх вміст у середовищі та трав'янистих рослинах (при цьому проявляється селективність по відношенню до радіоактивного ізотопу  $^{137}\text{Cs}$ ), в ході роботи було проаналізовано накопичення радіонуклідів різними видами лишайників. У таблиці 1 представлені дані про вміст радіонуклідів у різних видах лишайників у м. Чернівці.

Таблиця 1

#### Вміст радіонуклідів у різних видах лишайників на території м. Чернівці

| № | Назва проби                | Місце відбору                        | Вміст радіонуклідів у пробі, Бк/кг |          |        |
|---|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------|--------|
|   |                            |                                      | Cs-137                             | K-40     | Ra-226 |
|   | <i>Xanthoria parietina</i> | вул. П.Кільцева,<br>парк «Жовтневий» | 509±52                             | 1680±156 | 557±48 |
|   | <i>Xanthoria parietina</i> | вул. Комарова,<br>парк «Жовтневий»   | 526±41                             | 1280±131 | 447±46 |
|   | <i>Xanthoria parietina</i> | вул. Нововінницька                   | 838±95                             | 1485±144 | 762±63 |
|   | <i>Hipogymnia physodes</i> | вул. П.Кільцева,<br>парк «Жовтневий» | 304±32                             | 3390±350 | 297±24 |
|   | <i>Hipogymnia physodes</i> | вул. Київська,<br>парк               | 730±86                             | 1540±105 | 687±71 |

При аналізі даних таблиці 1 прослідковується певна залежність вмісту радіонуклідів як від місць їх проростання, так і видових особливостей. Так, *Xanthoria parietina*, яка проростає в парку «Жовтневий» і вул. Нововінницька, відрізняються різним вмістом радіонуклідів. Тобто район, який терпить більший антропогенний прес, відповідно впливає на накопичення забруднень лишайниками. Це вказує на те, що ефект акумулювання нуклідів лишайниками досягається головним чином за рахунок великої сорбційної поверхні.

Основна частина накопичених в цих рослинах радіонуклідів потрапляє в них безпосередньо з атмосфери при атмосферних опадах, а також в певній мірі із змивів з крон дерев. Ряд авторів [1, 6] відмічають, що концентрація  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  в субстратах, на яких проростають лишайники, в декілька разів менша, ніж у самих лишайниках. Тому говорити про перехід радіонуклідів в ланцюгу ґрунт-рослина

в даному випадку не можна. Лишайники, як правило, покривають ґрунт суцільним шаром і тому при початковому осадженні радіонукліди в ґрунт практично не потрапляють, а засвоюються живою тканиною і фіксуються в ній на довгі роки.

Із отриманих результатів бачимо, що найбільший вміст  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{226}\text{Ra}$  знаходиться в лишайнику *Xanthoria parietina*, а  $^{40}\text{K}$  найбільше в *Hipogymnia physodes*. Це пов'язано з тим, що різні лишайники по-різному, з урахуванням своїх анатомоморфологічних особливостей, накопичують різні радіонукліди. Крім того, калій є аналогом цезію. Ця обставина вказує на те, що поряд з явищем сорбції речовин поверхнею лишайників має значення також їх метаболічна вибірковість.

Таким чином, при використанні лишайників у якості індикаторів стану навколишнього природного середовища необхідно враховувати цілий комплекс структурних і функціональних ознак рослин, а також специфіку кліматичних і екологічних особливостей місць їх проростання.

До числа можливих, але ще недостатньо вивчених біоіндикаторів належать гриби. Цікавість до них пов'язана з тією специфічною роллю, яку відіграють гетеротрофні організми у функціонуванні екосистем при розгляді процесів біотрансформації і перерозподілу речовин у ландшафті. Беручи участь у розкладі мертвої органічної речовини, гриби сприяють поверненню в біологічний кругообіг хімічних елементів і сполук, у тому числі і забруднювачів. При руйнуванні грибами гумусу вивільнюються молекули токсикантів, які можуть негативно впливати на живі організми.

Цікавим було дослідити особливості накопичення радіонуклідів грибною продукцією нашого регіону та прослідкувати особливості переходу в ланцюгу ґрунт–гриби. Дослідження радіоактивного забруднення грибів проводились протягом осені 2011 р. в Сторожинецькому та Заставнівському районах. Щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  в Сторожинецькому районі в межах 0,05–0,08 Кі/км<sup>2</sup>, в Заставнівському – на порядок вища (0,55–0,91 Кі/км<sup>2</sup>).

Для досліджень відбирали гриби та ґрунти, на яких вони проростають. Відбір проб та їх підготовка проводились згідно з методиками [5]. Радіоцезій визначали гама-спектрометричним методом, радіостронцій – радіохімічним методом по дочірньому  $^{90}\text{Y}$ , який осаджується у вигляді оксалатів з подальшим визначенням активності на малофонової установці.

Результати проведених досліджень приведені в таблицях 2 і 3. Як видно із даних таблиць, відповідно у Сторожинецькому і Заставнівському районах, вміст  $^{137}\text{Cs}$  дещо різниться. Причому ця відмінність характерна як для видової приналежності грибів, так і місць проростання.

Таблиця 2

**Вміст радіонуклідів у грибах на території Сторожинецького району**

| №  | Вид              | Активність, Бк/кг сирової маси |       |
|----|------------------|--------------------------------|-------|
|    |                  | Cs-137                         | Sr-90 |
| 1. | Опеньок осінній  | 5,4 ± 0,7                      | < 3,5 |
| 2. | Білий гриб       | 13,3 ± 2,19                    | < 3,5 |
| 3. | Сироїжки         | 15,2 ± 2,43                    | < 3,5 |
| 4. | Моховик зелений  | 83,1 ± 11,22                   | < 3,5 |
| 5. | Маслюк звичайний | 62,0 ± 8,71                    | < 3,5 |

Таблиця 3

**Вміст радіонуклідів у грибах, зібраних на території Заставнівського району**

| № | Назва проби       | Місце відбору проб | Активність, Бк/кг |           |
|---|-------------------|--------------------|-------------------|-----------|
|   |                   |                    | Cs-137            | Ra-226    |
|   | Опеньок справжній | с.Чуньків          | 12,8 ± 3,43       | <3,5±0,45 |
|   | Білий гриб        | с.Чуньків          | 31,6 ± 4,81       | <3,5±0,45 |
|   | Маслюк звичайний  | с.Чуньків          | 243 ± 31,3        | 3,6±1,2   |
|   | Моховик зелений   | с.Чуньків          | 428 ± 53,4        | 3,8±1,2   |

Слід відмітити, що головним забруднюючим і дозоутворюючим радіонуклідом є  $^{137}\text{Cs}$ , аерозолі конденсації якого легкокорозчинні, ефективно фіксуються мінералами ґрунту і засвоюються рослинами. Щодо забруднення грибів  $^{90}\text{Sr}$ , то воно є незначним і коливається в одиницях чи частках Бк/кг. Щодо

інтенсивності поглинання  $^{137}\text{Cs}$  різними видами грибів, то найбільшою активністю відрізняються оховик зелений та маслюк звичайний, як в одному, так і другому районі. Хоча порівнюючи їх активність по районах, слід відмітити їх значну відмінність. Причини такої різниці отриманих результатів стають зрозумілими, якщо порівняти їх із забрудненням радіоцезієм відповідних ґрунтів, на яких вони проростають.

Залежність активності  $^{137}\text{Cs}$  в грибах від щільності забруднення підстиляючого ґрунту представлена на рисунку 1.

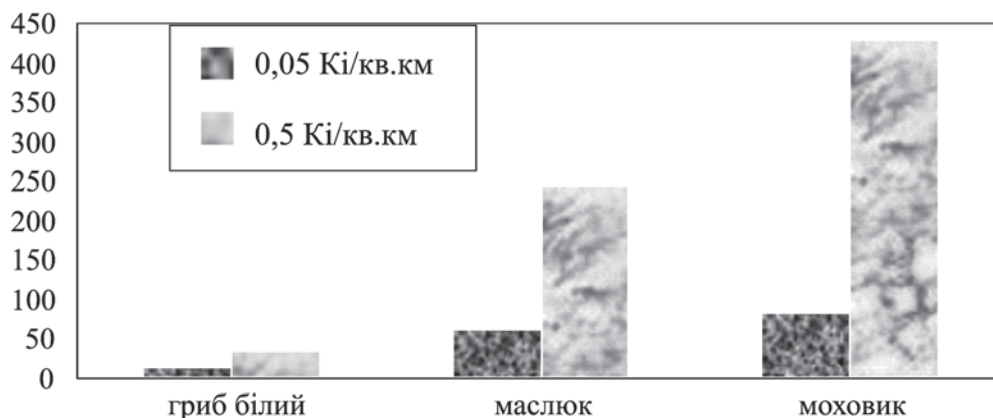


Рис. 1. Залежність активності  $^{137}\text{Cs}$  в грибах від щільності забруднення підстиляючого ґрунту

На користь такої залежності вказують результати по накопиченню радіонуклідів лишайниками та грибами. Рівні вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в лишайниках на порядок вищі, ніж у грибах. Але як підтверджують наші роботи, лишайники накопичують радіонукліди із атмосферних опадів і змивів крон дерев, тоді як головним джерелом надходження радіоактивних продуктів у грибний міцелій є субстрат, тобто ґрунт і лісова підстилка, на якій проростають гриби.

**Висновки.** Виявлена залежність накопичення радіонуклідів від видових особливостей лишайників та від місць їх проростання і показано, що ефект акумулювання нуклідів лишайниками досягається за рахунок великої сорбційної поверхні. Встановлена пряма залежність між вмістом  $^{137}\text{Cs}$  в грибах та щільністю забруднення ним ґрунтів, на яких вони проростають. Інтенсивність поглинання  $^{137}\text{Cs}$  залежить від видових особливостей грибів, в першу чергу, від глибини залягання міцелію та умов проростання. Висока селективність у поглинанні  $^{137}\text{Cs}$  і невеликий термін життя плодових тіл (до 10 діб) дозволяють рекомендувати гриби як біоіндикатори радіоактивного забруднення повітря.

### Література

1. Вдовенко О.П. Лишайники як індикатори стану атмосферного повітря / О.П.Вдовенко, Н.П.Юрченко // Збірник наукових праць ПДАТУ. – 2010. – С. 57–59.
2. Деревец В.В. Радиационно-экологический мониторинг зоны отчуждения / В.В. Деревец, Ю.П. Иванов, В.И. Марченко // Бюллетень экологического состояния зоны отчуждения. – 1996. – № 2. – С. 5–12.
3. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посібник / В.С. Джигирей. – К.: Т-во «Знання», КОО, 2004. – 309 с.
4. Донець М.П. Ретроспективний аналіз радіоактивного забруднення лісової продукції Чернігівської області / М.П. Донець // Довкілля та здоров'я. – 2004. – № 4. – С. 23–26.
5. Инструкция по отбору и подготовке образцов для радиометрического контроля продукции лесного хозяйства / [Краснов В.П., Орлов А.А., Иркиенко С.П. и др.]. – Киев, 1998. – 21 с.
6. Нифонтова М.Г. О накоплении стронция-90 и цезия-137 лишайниками в природных условиях / М.Г. Нифонтова, М.В. Куликов // Экология. – 1977. – № 3. – С. 93–96.

Поступила в редакцію 10 травня 2012 р.

Рекомендував до друку проф. Ю.Г. Масікевич