

приміщень у 9 – 10 разів, при ступені очищення повітря 90%. Крім того, фільтр дозволяє вловлювати дрібнодисперсний пил, який становить найбільшу небезпеку для здоров'я людини. Фільтр може бути використаний для очищення повітря, як виробничих, так і побутових приміщень від частинок, що знаходяться у зваженому стані.

Список літератури:

1. Кузнєцов С.І. Трибоелектростатичний пиловловлювач Патент №120641 Україна, МПК А47L 9/10, (2006.01), В04С 3/04 (2006.01). Заявл.22.04.11; Опубл. 11.11.17, Бюл. №21, 2017.
2. Патент на корисну модель №62802 Україна, МПК В04С3/04(2006.01), В04С5/24(2006.01), В04С5/30(2006.01). Циклонно-ротаційний пиловловлювач / Кузнєцов С.І. (Україна); Заявл.22.04.11; Опубл. 12.09.11, Бюл. №17, 2011.
3. Патент на винахід України UA 62855A Україна, МПК 7 В01D47/00, С10К1/00. Спосіб очищення відхідних газів котельних від оксиду вуглецю та пристрій для його реалізації / Кузнєцов С.І. (Україна); Заявл.04.09.03; Опубл. 15.12.03, Бюл. №12, 2003.

УДК 581.1:575.224:539.16(477.41)

**ВПЛИВ ХРОНІЧНОГО ІОНІЗУЮЧОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ФЕРТИЛЬНІСТЬ ПИЛКОВИХ
ЗЕРЕН ВИЩИХ ВОДНИХ РОСЛИН У ВОДОЙМАХ
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ**

Марущак І. В., Гудков Д. І.

Інститут гідробіології НАН України

E-mail: irunamarushchak29@ukr.net

Чорнобильська катастрофа 1986 року спричинила масштабне радіонуклідне забруднення водних і наземних екосистем, унаслідок чого живі організми на значних територіях зазнали тривалого впливу іонізуючого випромінювання. У водоймах Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ) основними дозоутворювальними радіонуклідами є ^{137}Cs , ^{90}Sr , а також трансуранові елементи, які залучені до біогеохімічних циклів у

водних екосистемах, продовжують визначати вкрай високі рівні питомої активності всіх компонентів непроточних водних об'єктів і, відповідно, обумовлювати підвищені дозові навантаження на гідробіонтів різної таксономії [2].

Одним із чутливих індикаторів впливу мутагенних факторів середовища є стан генеративної системи рослин, зокрема пилкових зерен. Фертильність пилку відображає перебіг процесів мікроспорогенезу та мікрогаметогенезу, які є високочутливими до генетичних і цитологічних порушень [1]. У зв'язку з цим дослідження фертильності пилкових зерен вищих водних рослин у ЧЗВ є важливим для оцінки впливу хронічного іонізуючого випромінювання на репродуктивні процеси макрофітів, які можуть безпосередньо впливати на загальний стан рослинних популяцій у водоймах.

Дослідження виконували упродовж вегетаційного періоду 2025 р. у найбільш забруднених радіонуклідами водоймах ЧЗВ: озерах Глибоке, Азбучин, Янівському затоні, а також у залишкових озерах колишньої акваторії водойми-охолоджувача (ВО) Чорнобильської АЕС (ЧАЕС) – північно-східній (ПчСЧ), північно-західній (ПчЗЧ), південно-східній (ПдСЧ), південно-західній (ПдЗЧ) частинах, які відзначаються певним градієнтом потужності поглиненої дози для біоти. На даному етапі досліджень у мажах ЧЗВ контрольними водними об'єктами слугували оз. Плютовище та р. Прип'ять (поблизу м. Чорнобиль), які характеризувалися порівняно невисокими рівнями радіонуклідного забруднення. Рослинними об'єктами досліджень були глечики жовті (*Nuphar lutea*), водяний горіх (*Trapa natans*), водопериця колосиста (*Myriophyllum spicatum*), сусак звичайний (*Butomus umbellatus*), ламаття біла (*Nymphaea alba*) жабурник звичайний (*Hydrocharis morsus-ranae*), їжача голівка пряма (*Sparganium erectum*), водяний різак звичайний (*Stratiotes aloides*) та гірчак земноводний (*Persicaria amphibia*).

Попередніми дослідженнями встановлено, що макрофіти р. Прип'ять характеризуються досить високим рівнем фертильності пилкових зерен для більшості досліджених видів, що свідчить про відносну стабільність репродуктивних процесів. *Nuphar lutea* та *Trapa natans* демонструють високу фертильність пилку – 95,8% та 84,9%, відповідно. Водночас у

Butomus umbellatus встановлено виражені відмінності генеративної функції, зокрема частка стерильного пилку досягала 72,98%, тоді як фертильність становила лише 27,02%, що є свідченням підвищеної чутливості виду до дії мутагенних факторів середовища.

У ВО ЧАЕС, більшість досліджених видів також характеризувалася порівняно високими показниками фертильності пилкових зерен. У *Myriophyllum spicatum* (ПчЗЧ, ПчСЧ, ПдЗЧ, ПдСЧ) фертильність пилку коливалася в межах 90,2–94,6%, тоді як стерильність становила 5,4–10,7%, що свідчить про відносну стабільність функціонування репродуктивної системи рослин у цих водоймах. Разом з тим у водяного горіха на ділянці ПдСЧ відзначено підвищення частки стерильного пилку до 16,6%.

Найбільш виражені порушення генеративних процесів встановлено у рослин оз. Глибоке, яке характеризується високим рівнем радіонуклідного забруднення. Для більшості досліджених видів тут зафіксовано різке зниження фертильності пилку та значне зростання частки стерильних пилкових зерен. Зокрема, у *Nymphaea alba* фертильність становила лише 1,27%, тоді як стерильність досягала 98,72%. Подібні тенденції виявлено у *Hydrocharis morsus-ranae*, *Sparganium emersum* та *Stratiotes aloides*. Схожі закономірності спостерігалися у оз. Азбучин, де для більшості видів характерні високі показники стерильності пилкових зерен. Водночас у *Persicaria amphibia* фертильність пилку залишалася відносно високою (75,4%).

Натомість у контрольному оз. Плютовище більшість досліджених макрофітів характеризувалася високими показниками фертильності пилку (94,4–99,39%), що вказує на більш сприятливі умови формування генеративних структур. Аналіз життєздатності пилкових зерен підтверджує встановлені закономірності: у водоймах із відносно низьким радіаційним фоном цей показник перевищував 95–99%, тоді як у озерах Глибоке та Азбучин він знижувався до 28–40%, що свідчить про негативний вплив тривалого радіаційного навантаження на процеси формування та функціонування пилкових зерен макрофітів.

Виявлені порушення у рослин, забруднених радіонуклідами

водойм, можуть бути зумовлені порівняно високими рівнями потужності поглиненої дози, обумовленої зовнішніми (від води та донних відкладів) та внутрішніми (від інкорпорованих у тканинах радіонуклідів) джерелами іонізуючого випромінювання, що призводить до генотоксичного впливу на клітини, порушення мейотичних процесів та формування морфологічно і функціонально дефектного пилку.

На більшості досліджених ділянок встановлено наявність дуже сильного негативного кореляційного зв'язку між показниками фертильності та стерильності пилку ($r = -0,98 \dots -1,00$), що демонструє значну функціонально взаємопов'язану залежність. Між фертильністю та життєздатністю пилку виявлено помірний або помірно сильний позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,52 \dots 0,74$), що вказує на тенденцію до підвищення життєздатності зі зростанням рівня фертильності. При цьому встановлено, що між стерильністю та життєздатністю пилку існує помірний негативний кореляційний зв'язок ($r = -0,51 \dots -0,73$), що відображає зниження життєздатності при збільшенні частки стерильного пилку. Найбільш достовірні результати отримано для локацій із більшою вибіркою (озера Глибоке, Азбучин та Плутовище).

Дослідження показників фертильності та життєздатності пилкових зерен вищих водних рослин можна розглядати як перспективний і науково-обґрунтований напрям біоіндикації тривалого радіаційного впливу. Аналіз цих параметрів надасть змогу виявляти сублетальні ефекти опромінення на репродуктивну систему рослин, що є чутливим маркером змін у довкіллі. Використання таких підходів дозволить не лише оцінювати ступінь радіаційного навантаження, але й здійснювати комплексний моніторинг екологічного стану водних екосистем ЧЗВ, зокрема виявляти довготривалі наслідки опромінення, а також прогнозувати подальші зміни їх функціонування.

Список літератури:

1. Does long-term radiation exposure in Chornobyl impact the reproductive structures of *Nuphar lutea* (Linné) Smith? / L. Zub et al. Environmental pollution. 2024. P. 125067. URL:

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125067> (date of access: 10.03.2026).

2. Radiation-induced cytogenetic and hematologic effects on aquatic biota within the Chernobyl exclusion zone / D. I. Gudkov et al. Journal of environmental radioactivity. 2016. Vol. 151. P. 438–448. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.09.004> (date of access: 15.03.2026).

УДК 539.16:504.064

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ РАДІОНУКЛІДІВ У ПРИРОДНИХ ОБ'ЄКТАХ

Моргунова Г. І., Симчак Р. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: symchak@tnpu.edu.ua

Розвиток ядерної енергетики, проведення ядерних випробувань й аварії на ядерних об'єктах призвели до появи в навколишньому середовищі значної кількості техногенних радіонуклідів. До найпоширеніших належать Cs^{137} , Sr^{90} , Pu^{239} , I^{131} та Am^{241} . Вони можуть накопичуватися у ґрунтах, воді, рослинах і живих організмах, що становить потенційну небезпеку для екосистем і здоров'я людини [2].

Сучасні аналітичні методи дозволяють визначати надзвичайно малі концентрації радіоактивних ізотопів, що забезпечує ефективний контроль радіаційного стану довкілля.

Одним із найефективніших методів визначення γ -випромінюючих радіонуклідів є гамма-спектрометрія. Метод ґрунтується на реєстрації енергетичного спектра гамма-випромінювання, яке виникає під час радіоактивного розпаду. Гамма-спектрометрія широко застосовується для аналізу Cs^{137} , Co^{60} та інших радіонуклідів у ґрунтах, воді та донних відкладах [2].

Для визначення β -випромінюючих радіонуклідів, зокрема Sr^{90} , застосовують методи бета-спектрометрії та рідинної сцинтиляційної спектрометрії. Ці методи характеризуються високою чутливістю та дозволяють визначати низькі рівні радіоактивності після проведення попередньої радіохімічної