

опромінювання для організму людини важливими залишаються пролонговані в часі дослідження з урахуванням численних факторів.

Список літератури:

1. Hernández L. et al. Aging and radiation: bad companions. *Aging Cell*. 2015. V.14(2). P.153-161. <https://doi.org/10.1111/ace.12306>
2. Minchenko J. M. et al. Role of radiosensitivity and radioresistance genetic markers in hematological and cardiovascular disease in persons exposed after the Chornobyl accident. *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2013. V.18. P. 220-231.
3. Sokolenko V. L., Sokolenko S. V. Manifestations of allostatic load in residents of radiation contaminated areas aged 18–24 years. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2019. V.10(4). P. 422-431. <https://doi.org/10.15421/021963>

УДК 574.4

**МЕХАНІЗМИ РАДІОАДАПТАЦІЇ БІОТИ
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ**

Стасів А. В.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: standby148@gmail.com

Чорнобильська зона відчуження (ЧЗВ) за останні десятиліття перетворилася на унікальний природний полігон для вивчення довгострокового впливу іонізуючого випромінювання на живі системи. Попри катастрофічний характер аварії 1986 року, сучасний стан біоти ЧЗВ свідчить про запуск складних адаптаційних процесів, що охоплюють рівні від молекулярного до екосистемного. Дослідження цих механізмів є критично важливим для розуміння стратегій генетичної стабільності організмів в умовах хронічного опромінювання.

Одним із ключових механізмів виживання на клітинному рівні є активація систем репарації ДНК та антиоксидантного захисту. Встановлено, що організми дикої природи ЧЗВ демонструють здатність до швидкого «ремонт» генетичного

коду. Зокрема, птахів, що гніздяться на забруднених територіях, білки-репаратори (зокрема р53) перебувають у стані постійної готовності, що мінімізує кількість розривів ДНК порівняно з особинами з екологічно чистих регіонів [1]. Важливу роль відіграє явище радіаційного гормезису, за якого низькі дози опромінення стимулюють захисні сили. Наприклад, у мишоподібних гризунів поблизу «Рудого лісу» рівень антиоксиданту глутатіону в клітинах печінки на 20–30% вищий, ніж у контрольних групах, що дозволяє клітинам нейтралізувати вільні радикали до пошкодження мембран [1].

На організменному рівні спостерігаються стратегії селективної ізоляції радіонуклідів та епігенетичного регулювання. У водно-болотних екосистемах певні види риб здатні накопичувати Стронцій-90 у кістковій тканині, захищаючи від опромінення внутрішні органи [1]. У рослинному світі адаптація реалізується через метилювання ДНК – механізм, що дозволяє «налаштовувати» роботу генів без зміни самого коду. Рослини ЧЗВ передають цю епігенетичну «пам'ять» наступним поколінням, що проявляється у підвищеній стійкості саджанців до супутніх природних криз, таких як посуха чи надлишок ультрафіолету [3].

Особливу роль у стабільності екосистеми відіграє мікробіом. Бактерії родів *Deisococcus* та *Nitrobacter* витримують екстремальні дози радіації завдяки унікальним білкам, які миттєво «зшивають» розірвану ДНК [2]. Крім того, виявлено явища радіотропізму у меланін-вмісних грибів, які здатні перетворювати енергію випромінювання на ресурс для власного росту, фактично використовуючи радіацію як джерело енергії [2].

Важливим аспектом тривалої адаптації є взаємодія радіації з іншими техногенними чинниками, зокрема важкими металами. В умовах «комбінованого стресу» деякі види мохів та лишайників розвинули бар'єрні механізми, накопичуючи токсиканти (свинець, кадмій) у зовнішніх шарах клітин для захисту фотосинтетичного апарату [4]. Це підтверджує, що заповідна екосистема вибудувала нову рівновагу, де механізми детоксикації є універсальними. Таким чином, «вакуум людської присутності» та запуск глибоких молекулярних механізмів репарації стали вирішальними факторами відновлення

біорізноманіття Чорнобиля.

Список літератури:

1. Adaptive Responses under High Radiation: Studies of Chernobyl Wildlife and Ramsar Convention Inhabitants. *Dose-Response*. 2025. Vol. 23. DOI: 10.1177/15593258251385632.

2. Characterization of microbial communities in radiation-contaminated soils of the Chernobyl exclusion zone. *Journal of Microbiology*. 2017. Vol. 55. P. 500-515. DOI: 10.1007/s12275-017-7242-5.

3. Physiological and epigenetic responses of plants to ionizing radiation in the Chernobyl Exclusion Zone. *Physiologia Plantarum*. 2024. Vol. 176. e13745. DOI: 10.1111/ppl.13745.

4. Synergistic effects of radionuclides and heavy metals on the Chernobyl ecosystem: New insights into environmental stress. *Science of the Total Environment*. 2024. Vol. 912. 169542. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.169542.

УДК 37.017:504.7

**УРОКИ ЧОРНОБИЛЯ ЯК ЗАСІБ ГРОМАДЯНСЬКОГО
ВИХОВАННЯ ШКОЛЯРІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ
ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧОЇ ОСВІТНЬОЇ ГАЛУЗІ**

Степанюк А. В., Міщук Н. Й.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: alstep@tnpu.edu.ua; mishchuk@chem-bio.com.ua

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю формування в учнів громадянської компетентності як ключової складової сучасної освіти, що визначена концепцією Нової української школи. В умовах глобальних екологічних викликів і суспільних трансформацій особливого значення набуває звернення до історичного досвіду, зокрема, осмислення Чорнобильської катастрофи як події, що стала маркером відповідальності, ризиків техногенного розвитку та ролі громадянського суспільства.

Катастрофа на Чорнобильській АЕС є не лише історичним фактом, а й потужним освітнім ресурсом, що дозволяє формувати у школярів критичне мислення, екологічну свідомість і ціннісне ставлення до життя. Вона має унікальний інтегративний