

## SECTION 2. MEDICAL AND BIOLOGICAL RESEARCH

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-3>

### **CADMIUM BIOACCUMULATION FROM CONTAMINATED SOILS AND WATER AND ITS IMPACT ON ENERGY METABOLISM AND MINERAL HOMEOSTASIS IN LABORATORY ANIMALS**

### **БІОАКУМУЛЯЦІЯ КАДМІЮ З ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ І ВОДИ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕТАБОЛІЗМ ТА МІНЕРАЛЬНИЙ ГОМЕОСТАЗ В ОРГАНІЗМІ ЛАБОРАТОРНИХ ТВАРИН**

**Kuras L. D.**

*Candidate of Biological Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor at the Department  
of Biological and Medical Chemistry  
named after Academician  
H. O. Babenko  
Ivano-Frankivsk National Medical  
University  
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

**Курас Л. Д.**

*кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри біологічної та  
медичної хімії імені академіка  
Г. О. Бабенка  
Івано-Франківський національний  
медичний університет  
м. Івано-Франківськ, Україна*

**Nechytaylo L. Ya.**

*Candidate of Biological Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor at the Department  
of Biological and Medical Chemistry  
named after Academician  
H. O. Babenko  
Ivano-Frankivsk National Medical  
University  
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

**Нечитайло Л. Я.**

*кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри біологічної та  
медичної хімії імені академіка  
Г. О. Бабенка  
Івано-Франківський національний  
медичний університет  
м. Івано-Франківськ, Україна*

**Khopta N. S.**

*Candidate of Biological Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor at the Department  
of Biological and Medical Chemistry  
named after Academician  
H. O. Babenko  
Ivano-Frankivsk National Medical  
University  
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

**Хопта Н. С.**

*кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри біологічної та  
медичної хімії імені академіка  
Г.О. Бабенка  
Івано-Франківський національний  
медичний університет  
м. Івано-Франківськ, Україна*

Війна в Україні призвела до значного техногенного навантаження на довкілля. Руїнування промислових об'єктів і складів пально-мастильних матеріалів, а також використання військової техніки спричиняють забруднення ґрунтів і води [2]. Це призводить до підвищеного надходження важких металів, зокрема кадмію – одного з найбільш токсичних елементів антропогенного походження, здатного накопичуватись у живих організмах. Внаслідок цього забруднені об'єкти довкілля стають джерелом потрапляння кадмію у харчові ланцюги, що сприяє його накопиченню в тканинах тварин і зумовлює потенційні ризики для здоров'я людини. Кадмій характеризується високою біоаккумулятивною здатністю та тривалим періодом біологічного напіввиведення [1]. Він накопичується в кістковій тканинці, печінці, нирках, порушує клітинний гомеостаз через індукцію оксидативного стресу, дисфункцію мітохондрій та пригнічення ферментів енергетичного обміну. Один із механізмів токсичності є конкурентне витіснення есенціальних макро- і мікроелементів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ), що призводить до порушення мінерального гомеостазу та енергозабезпечення клітин [7]. Порушення синтезу АТФ формує енергетичний дефіцит клітин та метаболічні порушення. З огляду на посилене техногенне забруднення довкілля, дослідження біоаккумуляції кадмію та його впливу на енергетичний і мінеральний обмін набуває особливого значення.

**Мета дослідження:** визначити рівень кадмію в об'єктах довкілля і дослідити його вплив на енергетичний обмін і мінеральний баланс в органах лабораторних тварин.

Об'єктом дослідження були ґрунти та питна вода, а також експериментальні тварини, які використовувались для моделювання біоаккумуляції кадмію та оцінки його впливу на живий організм. Досліджуваних тварин було поділено на 2 групи: I група – інтактні тварини; II група – тварини, інтоксиковані кадмій хлоридом. Інтоксикацію моделювали наступним чином: кадмій хлорид вводили внутрішньом'язево в дозі 1,2 мг/кг маси тіла тварини ( $1/10 \text{LD}_{50}$ ).

Вибір проб ґрунту і води здійснювався з урахуванням різних природних і антропогенних умов, сезонних змін та потенційного впливу техногенного забруднення. Макро- і мікроелементний склад визначали атомно-абсорбційним методом (спектрофотометр С-115ПК). Маркери кісткового метаболізму у плазмі крові визначали за стандартними наборами реактивів: концентрацію Са та фосфатів – “Simko”, Mg – “Lachema”, гідроксіпроліну – окисненням його  $\text{H}_2\text{O}_2$  до піролу в лужному середовищі в присутності  $\text{Cu}^{2+}$ . Для визначення концентрації АТФ та активності АТФ-ази використали спектрофотометричний метод.

*Результати дослідження.* Стан ґрунтів та водних джерел безпосередньо визначає екологічну ситуацію в регіоні, тому важливо контролювати рівень токсичного елемента кадмію у довкіллі [5]. Дослідження показали, що вміст кадмію у ґрунтах перевищує фонові показники в 1,1–1,5 раза, особливо у періоди активного сезонного накопичення. У питній воді виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій кадмію в 1,6–2 раза, що становить загрозу для живих організмів і здоров'я людини. В експериментальних дослідженнях на щурах показано, що навіть порівняно низькі дози кадмію викликають серйозні порушення мінерального та енергетичного обміну [2, 6]. За умов кадмієвої інтоксикації концентрація неорганічних фосфатів у плазмі крові експериментальних тварин на 14-ту та 28-му доби достовірно зростала відповідно на 32,4% та 27,7% відносно рівня контрольної групи. Концентрація загального кальцію (Ca) на 1-шу добу після завершення десятиденної інтоксикації знижувалася на 17,1%, а в наступні періоди експерименту спостерігалася стійка гіперкальциемія. Такі дані можуть свідчити про порушення мінерального матриксу кісткової тканини [4].

Також становлено поступове зростання концентрації в плазмі крові гідроксипроліну – маркерної амінокислоти катаболізму колагену: на 1-шу добу спостереження концентрація її в плазмі крові піддослідних тварин перевищувала значення інтактних у 1,9 рази, а на 28-му – у 2,5 разів ( $P < 0,005$ – $0,001$ ). Отримані результати вказують на деструкцію колагену та активацію процесу демінералізації кісток, зокрема, спричинену впливом іонів Cd на баланс між кальцитоніном і паратгормоном, а також про активацію кислої фосфатази – маркерного ензиму остеокластів, що забезпечують її резорбцію [3, 4]. Іони Mg є активаторами цього ензиму, тому зниження концентрації магнію у плазмі крові на 14–28-му доби спостереження та підвищення вмісту його у золі стегнових кісток у цей період (на 23,2–35,6 %) може підтвердити активацію кислої фосфатази остеокластів [4].

Визначення рівня Магнію у ранньому та пізньому періодах кадмієвої інтоксикації показало його зростання в крові – у 2,5 раза, а у печінці – у 4 рази порівняно з контрольними тваринами.

Відомо [2], що магній є важливим регуляторним макроелементом енергетичного обміну. Проведені нами дослідження концентрації АТФ показали її зростання у печінці у 3,0–3,5 раза впродовж усього періоду експерименту порівняно з контролем. Водночас нами встановлено зниження вмісту АТФ у плазмі крові (у 4 рази) впродовж усього періоду після завершення введення Кадмії хлориду порівняно з контрольними тваринами. Дослідження  $Na^+$ ,  $K^+$ -активууючої,  $Mg^{2+}$ -залежної АТФ-азної активності (АТФ-ази), що відповідає за синтез АТФ,

показали зниження цього показника у печінці – у 4 рази на 1-у та 28-у доби і у 9 разів на 14 добу порівняно з контролем [2]. У плазмі крові ми спостерігали різноспрямовані зміни АТФ-азної активності: зростання у 2 рази на 1-у добу та зниження її у 2 рази на 14-у та 28-у доби дослідження порівняно з контрольною групою тварин.

Отримані нами результати дослідження показників мінерального обміну вказують на те, що в процесі кадмієвої інтоксикації спостерігається накопичення Cd у стежових кістках та печінці і супроводжувались порушенням показників кальцій-фосфатного обміну у плазмі крові та значним зростанням концентрації гідроксипроліну, що свідчить про активацію процесу кісткової резорбції під впливом іонів кадмію. За умов дії Кадмію енергозабезпечення більшою мірою відбувається анаеробним шляхом [2]. Про це свідчить зниженням рівня АТФ та зниження активності АТФ-ази у печінці та крові впродовж усього періоду дослідження порівняно з контрольною групою тварин.

Таким чином, підвищений рівень кадмію у ґрунті та воді потребує контролю та подальших експериментальних досліджень його впливу на живі організми.

### Література:

1. Нечитайло Л. Я., Данилів С. І., Шкурашівська С. В., Курас Л. Д. Динаміка змін вмісту сполук кадмію та нітрат-іонів в екосистемі Прикарпаття. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2023. № 1(41). С. 273–279.

2. Nechytailo L., Danyliv S., Kuras L., Shkurashivska S., Buchko A. Dynamics of changes in cadmium levels in environmental objects and its impact on the bio-elemental composition of living organisms. *Brazilian Journal of Biology*. 2024. № 84. Pp. e271324:1–7.

3. Хопта Н. С., Романюк А. Л., Нечитайло Л. Я., Курас Л. Д. Зміни стану кісткової тканини в умовах кадміозу та застосування екстракту артишоку для корекції. *Перспективи та інновації науки. Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»*. 2025. Вип. 3(49). С. 1876–1888.

4. Хопта Н. С., Романюк А. Л., Нечитайло Л. Я., Ерстенюк А. М. Метаболічні процеси в організмі та кістках експериментальних тварин. *The Animal Biology*. 2025. № 1(27). С. 15–20.

5. Шкурашівська С. В., Нечитайло Л. Я., Ерстенюк Г. М. Оцінка впливу військових дій на середовище України. *The Teaching, Learning, Medical and Psychological Support as Challenges of 21st Century: Preschool, Secondary, Extracurricular, Vocational, Higher and Postgraduate Education: 2nd International Conference*. East European Association

of Scientists (Warsaw, Poland, May 21–22, 2024). Warsaw, Poland, 2024. Pp. 21es1.

6. Нечитайло Л. Я., Кондрин А. А. Вплив хлориду кадмію на мінеральний склад органів і тканин дослідних тварин в умовах зростаючого техногенного навантаження під час військових дій. *The 10 th International scientific and practical conference “Scientific achievements of contemporary society”*. Cognum Publishing House, (London, United Kingdom, May 1–3, 2025). London, United Kingdom, 2025. Pp. 25-30.

7. Нечитайло Л. Я., Волинський А. В. Аналіз джерел надходження важких металів під час військових дій та оцінка їх токсичного впливу на організм людини. *The 8th International scientific and practical conference “Academic research by scientists in the field of modern technologies”* International Science Group. (Milan, Italy, October 21–24, 2025) Milan, Italy, 2025, Pp. 14–17.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-4>

**MATERNAL SOCIAL STRESS EXACERBATES INSULIN RESISTANCE AND DYSLIPIDAEMIA IN ADULT MALE OFFSPRING OF GESTATIONAL DIABETIC RATS**

**СОЦІАЛЬНИЙ СТРЕС У МАТЕРІ ПОСИЛЮЄ ІНСУЛІНОРЕЗИСТЕНТНІСТЬ ТА ДИСЛІПІДЕМІЮ У ДОРОСЛИХ САМЦІВ, НАЩАДКІВ ЩУРИВ ІЗ ГЕСТАЦІЙНИМ ДІАБЕТОМ**

**Leshchenko Zh. A.**

*Candidate of Biological Sciences,  
Senior Research Fellow at the  
Department of Pathomorphology and  
Genetics of Endocrine Diseases  
State Institution “V. Danilevsky Institute  
for Endocrine Pathology Problems  
of the National Academy of Medical  
Sciences of Ukraine”  
Kharkiv, Ukraine*

**Лещенко Ж. А.**

*кандидат біологічних наук,  
старший науковий співробітник  
відділу патоморфології та генетики  
ендокринних захворювань  
Державна установа «Інститут  
проблем ендокринної патології  
імені В. Я. Данилевського  
Національної академії медичних наук  
України»  
м. Харків, Україна*

Insulin resistance is a major pathogenic factor contributing to metabolic disorders, including type 2 diabetes mellitus, obesity, and cardiovascular