

УДК 612.014.46:577.118:612.017:616  
DOI:10.24061/2413-0737/XXI.2.82.1.2017.32

*А.М. Романюк, В.В. Сікора, Ю.М. Линдіна, М.С. Линдін*

## ПОШИРЕНІСТЬ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ТА ЇХ РОЛЬ У ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІЗМУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Сумський державний університет, Медичний інститут, м. Суми

**Резюме.** Останніми роками вивченню проблеми забруднення навколишнього середовища присвячено значну кількість наукових праць. Зростання інтенсивності та масштабів розповсюдження різних поллютантів відбувається практично у всьому світі, що призвело до небезпечного рубежу екологічних криз. Одним із найнебезпечніших забруднювачів довкілля є важкі метали, через їх токсичність та розповсюдженість. Постійний вплив підвищених концентрацій важких металів, здатність циркулювати та мігрувати в гідро-, літо- та атмосфері призводить до їх кругообігу в природі, виснаження

їх захисних і регулюючих механізмів, що несе за собою небезпеку всебічного впливу цих поллютантів на живі організми. Як наслідок, ці мікроелементи-токсиканти представляють велику загрозу для дисбалансу фізіологічних процесів на макро-, мікро- та ультраструктурних рівнях, що тягне за собою розвиток різноманітних патологічних станів в організмі.

**Ключові слова:** важкі метали, солі важких металів, мікроелементи, поллютанти, забруднення навколишнього середовища.

**Важкі метали (ВМ)** – це група потенційно небезпечних хімічних елементів, які виступають як забруднювачі навколишнього середовища [1-3]. У численних наукових роботах автори порізно трактують термін ВМ, що значно впливає на кількість елементів, які відносяться до даної групи. Тому існують певні критерії, які допомагають виділяти саме «важкі» елементи: порівняно велика атомна маса (більше 50) та густина (8 г/см<sup>3</sup>), поширеність та токсичність, концентрація, природа металу та тип з'єднання, біоаккумуляція та біомагніфікація, приналежність до природних та техногенних циклів. Враховуючи ці особливості, на сьогодні виділяють близько 40 металів періодичної системи Д.І. Менделєєва (Cr, Mn, Fe, Pb, Cu, Zn, Co, Ni, Mo, V, Cd, Sn, Hg, Bi і ін), які підпадають під цей термін [4-6].

Чіткої класифікації ВМ, яка б враховувала всі особливості кожного елемента, немає, проте в наукових працях їх розділяють на декілька варіантів. Враховуючи шкідливість, їх поділяють на мало-, помірно-, високо- та надзвичайно небезпечні; за походженням – природні та штучні, а також за поширеністю в навколишньому середовищі – рідкі, поширені та розсіяні метали [7, 8].

Основним джерелом забруднення є антропогенно-техногенний вплив, який сягнув піку в останні століття за рахунок бурхливої урбанізації у всьому світі. Це призвело до зростання кількості теплових електростанцій, розвитку чорної та кольорової металургії, збільшення викидів автотранспорту, зростання хімічного виробництва, токсичних захоронень, видобутку та переробки мінеральної сировини, наслідками чого є потрапляння в навколишнє середовище хімічних поллютантів у рідкому, твердому та газоподібному станах [9, 10].

Проте ВМ можуть бути і результатом природних процесів (явища ерозії, кислотні дощі, вулканічна діяльність, вивітрювання гірських порід), що додатково призводить до збільшення їх вмісту та поширеності, порівняно з фоновим рівнем [11].

Іони металів є неорганічними елементами небілкового походження, а залежно від їх кількості, що знаходиться в організмі, окремо виділяють групу мікроелементів (від 10<sup>-3</sup> до 10<sup>-12</sup>% від маси тіла). Останні поділяються на есенційні, умовно-есенційні та кандидати на есенційність, залежно від їх концентрацій, а спектр їх різноманітності в організмі людини сягає близько 80 із всіх відомих елементів [12, 13]. Різні мікроелементи та іони металів постійно виявляються в допустимих концентраціях у ґрунтах, водах та повітрі, і є необхідними компонентами для нормального перебігу процесів життєдіяльності всіх організмів та рослин [14, 15]. Проте різке збільшення або зменшення кількості мікроелементів у навколишньому середовищі та живих організмах зумовлює їх токсичну дію. Окремо виділяють метали, які є чужорідними та токсичними – після їх контакту з макро- або мікроорганізмом, спричиняють його інтоксикацію або загибель. Особливий інтерес у вчених викликає вивчення саме біогенних елементів, концентрації яких у довкіллі значно збільшені, що призводить до їх трансформації в токсиканти [1, 2, 16].

Зростання інтенсивності та масштабів розповсюдження поллютантів відбувається практично у всьому світі, що призвело до небезпечного рубежу екологічних криз, про що свідчать численні наукові праці. Однак, забруднення екосистеми цими ксенобіотиками нерівнозначне, що залежить від основного виду забруднювача та варіанта поширеності [17, 18].

Залежно від виду забруднювача, накопичення ВМ у навколишньому середовищі може бути як первинним, так і вторинним. Частина техногенних викидів ВМ потрапляє в повітря у вигляді дисперсних фракцій аерозолів, газу та пилу, що призводить до їх поширення на значні відстані з подальшим осіданням разом із вітрами, дощем або снігом на поверхню ґрунту і вод [19, 20].

Обов'язковим компонентом водного біоценозу є іони металів у слідових кількостях, проте над-

ходження шкідливих сполук солей важких металів (СВМ) до поверхневих і підземних водойм, озер, річок, морів та океанів спричиняє розлади даної водної екосистеми [21, 22]. Потрапивши у водне середовище, метали-токсиканти здатні сорбуватися, накопичуватися і розподілятися між його компонентами. Так, відбувається поширення СВМ шляхом поглинання їх гідробіонтами (планктони, молюски, водорості, риби та ін.), кумуляцією в донних відкладеннях та течією. На противагу забрудненню в гідроєкосистемі існують різноманітні протекторні механізми, що забезпечують природну детоксикацію за рахунок, так званої, буферної ємності (опір токсичній дії забруднювачів) [23, 24]. Потрапляння ВМ до гідросередовища тягне за собою певні зміни їх властивостей, які залежать від рН, окисно-відновного потенціалу, процесів гідролізу, гідролітичної полімеризації і комплексоутворення з різними лігандами, що сприяє їх трансформації у невідомі сполуки. Іони металів у різних ступенях окиснення входять до складу різноманітних неорганічних і металоорганічних комплексів, що забезпечує їх міграцію в природних водах на значні відстані [25, 26].

Розвиток аграрної промисловості, забруднені підземні води та дощі призвели до антропогенної деградації в ґрунтовій товщі з накопиченням ВМ, час напіввидалення та виведення яких може тривати декілька сотень років [27, 28]. Залежно від виду ґрунту, його вологості, сорбційних, акумуляційних, кислотно-основних і окиснювально-відновлювальних властивостей, дренажних систем та зростаючих рослин – особливості рухливості цих металів можуть змінюватися. Разом з органічними речовинами ґрунту СВМ здатні утворювати складні комплексні сполуки, а висока вологість сприяє переходу ВМ у нижчі ступені окиснення і в розчинні форми, що підвищує їх міграційні характеристики [28, 29, 30].

Через насиченість ВМ у ґрунті підвищується рівень поглинання їх кореневою системою рослин з подальшою акумуляцією в них. Негативна дія СВМ у ґрунті проявляється погіршенням родючості ґрунтів, якості, росту та розвитку рослинних продуктів, а також пригніченням мікробіологічної діяльності [31, 32].

Постійний вплив підвищених концентрацій ВМ, здатність циркулювати та мігрувати у гідро-, літо- та атмосфері, призводить до їх кругообігу в природі, виснаження її захисних і регулюючих механізмів, що несе за собою небезпеку всебічного впливу цих поллютантів на живі організми [33, 34].

Враховуючи вищеперераховані дані про міграцію металів-мікроелементів за умов забруднення навколишнього середовища, розкриваються всі секрети надходження їх до організму людини та тварини через проміжні природні ланки. Потрапляння ксенобіотиків до організму відбувається через органи дихання і травлення, шкіру та слизові оболонки. Найчастіше поллютанти потрапляють до організму з водою та продуктами через шлунково-кишковий тракт, де вони легко

всмоктуються і надходять у кров, транспортуються практично в усі органи та системи з подальшою частковою їх кумуляцією. Іони елементів, які не депонувались, виводяться з організму з сечею та через жовч [12]. Залежно від виду металу (одного або ж одразу декількох), токсичності, концентрації, шляху проникнення, часу дії та індивідуальних особливостей організму можуть виникати гострі або хронічні отруєння. Останні розвиваються внаслідок тривалої дії шкідливих речовин у невеликих дозах із подальшою поступовою кумуляцією в організмі. Гостре ж отруєння виникає після одноразової дії хімічних речовин у значних концентраціях. На перших етапах адаптивні механізми допомагають організму пристосуватись до шкідливої дії металів-токсикантів на деякий час, проте згодом система адаптації виснажує свої ресурси, що веде до поступового переходу в незворотний стан [1, 2, 4, 10, 35].

Картина отруєння може значно різнитися, оскільки деякі мікроелементи володіють синергічними та антагоністичними відносинами між собою, що може сприяти змішаному перебігу захворювання. Наприклад, Cu та Zn можуть витіснятися з комплексних сполук Hg, Cd, Cr, Ni, Pb; надлишок Hg, As, Cd призводить до дефіциту селену; надлишок Pb – до дефіциту Ca і Zn, а Mn – до дефіциту Mg і Cu [36].

У більшості випадків мікроелементи-токсиканти являють велику загрозу для дисбалансу різноманітних фізіологічних процесів на макро-, мікро- та ультраструктурних рівнях. Так, їх несприятливу дію пов'язують із розвитком мікроелементозу, який пов'язують із рядом патологічних процесів в організмі [37].

У світовій літературі існує багато робіт, присвячених зв'язку інтоксикації організму СВМ зі зниженням імунної відповіді. Імуносупресорну дію даних ксенобіотиків пов'язують із порушенням функції В-лімфоцитів і продукцією антитіл, пригніченням секреції інтерлейкінів та інтерферону, дисбалансом процесів клітинної біоенергетики, інактивацією білків системи комплементу, трансформацією молекулярної структури мембранних рецепторів та антигенів, лімфоцитів і фагоцитів, мутацією генів імунокомпетентних клітин [38, 39].

Слід зазначити, що інтоксикація організму ВМ може стати причиною збільшення схильності до розвитку запальних змін, шляхом порушення окисно-відновних процесів. Останні посідають провідне місце в патогенезі запалення. У регіонах, де спостерігається значне забруднення довкілля, вищеперераховані порушення проявляються підвищенням схильності до частих вірусних, грибкових, бактеріальних, алергічних та автоімунних захворювань, з приєднанням різноманітних ускладнень [33, 35, 38-40].

Пряма дія надлишкової кількості ВМ проявляється в ушкодженні білкових молекул, мембран, нуклеїнових кислот і зміни їх конформації та геометричної структури, призводячи до знач-

ної або повної втрати фізіологічної активності. Іони ВМ, потрапляючи в цитоплазму, зв'язуються з білками, змінюючи структуру і конформацію молекул, що викликає імунну реакцію (змінені білки розпізнаються як "чужі" – непряма імуногенна дія) [41, 42].

Часто вчені проводять кореляційні паралелі між несприятливою екологічною обстановкою, спричиненою ВМ, та авітамінозом або гіповітамінозом. Дисбаланс вітамінів спричиняє зростання чутливості організмів до найменшого негативно впливу, що загрожує серйозними патологічними станами в органах та системах [43, 44].

Однією з можливостей іонів металів є імітація дії естрогену, що впливає на гормональний стан жінки шляхом порушення його метаболізму. Гормональний дисбаланс може призвести до серйозних наслідків та розвитку багатьох гормонально залежних захворювань [45].

Останнім часом появляються дані про участь ВМ у процесах патологічної біомінералізації деяких органів, з подальшим їх дистрофічним порушенням, що заслуговує особливої уваги [46].

Значна роль певних іонів металів відводиться стабілізації ДНК та активації ферментативних реакцій за участю нуклеїнових кислот. Дисбаланс мікроелементного складу може призвести до перебудови структури нуклеїнових кислот, спричинити одно- та двониткові розриви в ДНК, порушувати процеси передачі генетичної інформації (реплікацію, транскрипцію, трансляцію), що, як наслідок, може призводити до генетичних аномалій і пухлинного росту [47, 48]. Певні мікроелементи, такі як Cu, Hg, Cd, навіть при малих концентраціях призводять до локальних ушкоджень ДНК: руйнації подвійної спіралі, зміни її форми, хромосомних аберацій (інверсія в результаті хугстиновського спарювання, поворот основ на 180°). Інколи вони активують неензимопатичний розрив хімічних зв'язків у ланцюгу нуклеїнових кислот [49].

Генотоксичність ВМ проявляється значною мірою шляхом інгібування процесів репарації ДНК. Вони здатні руйнувати та змінювати діяльність генетичного матеріалу, ушкоджувати ядерний геном, що спричиняє трансформації генетичного коду з розвитком різноманітних мутацій [49, 50].

Низка вчених відзначає, що мікроелементи в аномальних концентраціях набувають токсичної здатності та пов'язують розвиток онкопатології при підвищеному їх надходженні до організму [51]. Під дією іонів ВМ відбувається зростання рівня активних (вільних) радикалів в організмі [52]. Активні радикали (активні форми кисню та продукти перекисного окиснення ліпідів) володіють здатністю пошкоджувати конструкцію клітин, білків, ліпідів, мембран і нуклеотидів, спричинити мутацію генів, які відповідають за синтез антионкогенних та антиметастатичних протеїнів, а також здатні активувати онкогени через пероксидзалежні фактори транскрипції (NF-κB). Паралельно до зростання рівня вільних радикалів від-

бувається пригнічення та виснаження антиоксидантного захисту клітини [53, 54]. Іони металів зв'язують сульфгідрильні групи глутатіону та ліпоевої кислоти, завдяки яким відбувається регенерація і відновлення інших антиоксидантів в організмі (цикл вітамінів E і C) [52-54].

Певні есенційні мікроелементи (хром, селен, мідь, марганець, цинк та інші) у фонових концентраціях здатні посилювати ефективність антиоксидантного захисту, беручи участь у метаболізмі біооксидантів. Іони деяких мікроелементів мають синергетичні властивості, що призводить до зростання руйнівної дії по відношенню до вільних радикалів [52, 55, 56]. Проте надходження до організму аномальних сумішей та надлишкових концентрацій цих елементів може призвести до непередбачуваних наслідків.

ВМ можуть провокувати початок і прогресування пухлинного росту, який виражається в підвищеній проліферації пухлинних клітин. Це призводить до дестабілізації генетичного матеріалу, який може бути виражений через синтез мутантного білка p53. Хоча процес синтезу оманливого білка p53 може бути і первинним процесом. Зрештою, це призводить до блоку апоптозу та регуляторних ефектів клітини. Це може призвести до пухлинної прогресії і дестабілізації геному, яке виражається в підвищеній фрагментації ДНК [57].

Виходячи з вищезазначеного, стає зрозумілим, що канцерогенний вплив СВМ реалізується як через механізми порушення структури ДНК своїм безпосереднім впливом на процеси транскрипції, трансляції та реплікації, так і через пригнічення системи антиоксидантного захисту.

Простежується також зв'язок між ВМ та чоловічим безпліддям. Накопичення хімічних елементів в яєчках та передміхуровій залозі проявляється порушенням фізіологічних біохімічних процесів, спричиняючи погіршення продукції кількості та якості сперми [58].

На сьогодні існує цілий ряд досліджень за участі СВМ, які вивчають властивості як поодиноких, так і комбінованих сумішей цих ксенобіотиків у різних концентраціях, що циркулюють у навколишньому середовищі та їх зв'язок з екологічно зумовленими захворюваннями молочної залози, кісткового мозку та інших органів і систем (рисунок) [45, 46, 58, 59].

Особливої уваги для дослідження заслуговують органи, які зазнають двобічного впливу (непрямого гематогенного та прямого контактного). Таким прикладом є сечовий міхур, до якого іони металів-мікроелементів надходять з кров'ю, а також разом із сечею під час її виведення з організму [59].

### Висновки

1. Аналіз даних вітчизняної та світової літератури показав, що більшість процесів життєдіяльності організму багато в чому залежить від циркуляції важких металів у навколишньому середовищі.

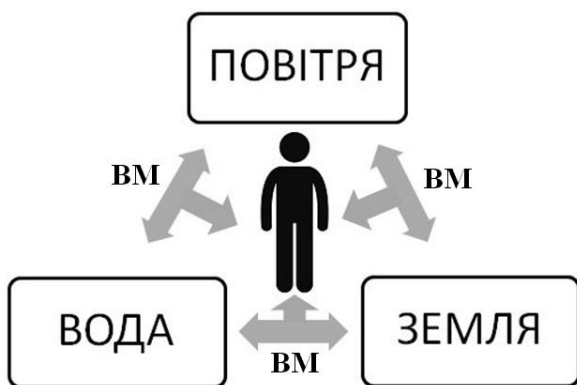


Рис. Шляхи всебічного потрапляння важких металів з навколишнього середовища до організму

2. Зростання або зниження концентрації цих елементів у природних середовищах призводить до їх дисбалансу в макроорганізмі, що може проявлятися розвитком різноманітних патологічних процесів.

3. Збільшення забруднення довкілля політантами та їх всебічний вплив на живі організми є надзвичайно актуальною тематикою для вивчення ризику виникнення екологічно зумовлених захворювань.

**Перспективи подальших досліджень.** Наша стаття не вичерпує всіх аспектів досліджуваної проблематики, проте розкриває важливість та необхідність перспективи пошуку протекторних засобів, які сприятимуть деактивації впливу важких металів на організм, що і стане метою наших подальших досліджень.

### Література

1. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals / M. Jaishankar, T. Tseten, N. Anbalagan [et al.] // *Interdisciplinary Toxicology*. – 2014. – Vol. 7, № 2. – P. 60-72.
2. Järup L. Hazards of heavy metal contamination / L. Järup // *Br Med Bull*. – 2003. – № 68 (1). – P. 167-182.
3. Теплая Г.А. Тяжёлые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) / Г.А. Теплая // *Астрахан. вестн. эколог. образования*. – 2013. – № 1 (23). – С. 182-192.
4. W. Yuan. Advances in Understanding How Heavy Metal Pollution Triggers Gastric Cancer / W. Yuan, N. Yang, X. Li // *Biomed Res Int*. – 2016. – № 2016. – Article ID 7825432
5. Безділь Р.В. Вміст важких металів у відходах кролеферми та їх екологічно безпечна утилізація / Р.В. Безділь, Т.М. Пушкарьова-Безділь, М.А. Щетина // *Наук. вісн. НЛТУ України*. – 2016. – № 26 (1) – С. 162-170.
6. Єгорова Т.М. Фоновий вміст важких металів та його екологічна інформативність у ґрунтах ландшафтів зони українського Полісся / Т.М. Єгорова // *Агрохімія і ґрунтознавство*. – 2014. – Вип. 81. – С. 65-72.
7. Войціховська А.С. Міграція важких металів в об'єктах навколишнього природного середовища в зоні впливу полігону твердих побутових відходів / А.С. Войціховська // *І Всеукраїнський з'їзд екологів: міжнар. наук. практ. конф. (Вінниця, 2006): тези допов.* – 2006. – С. 265.
8. Кураєва І.В. Оцінка вмісту важких металів та умов їх міграції в агроландшафтах Тернопільської області / І.В. Кураєва, І.В. Пога, Л.Ю. Сорокіна [та ін.] // *Укр. географ. ж.* – 2012. – № 3. – С. 25-33.
9. Худоба В. Екологія : навч.-метод. посіб. / В. Худоба, Ю. Чикайло. – Львів: ЛДУФК, 2016. – 92 с.

10. Войцицкий А.П. Техноэкология : учебник / А.П. Войцицкий, В.П. Дубровский, В.М. Боголюбов; за ред. В. М. Боголюбова. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 533 с.
11. Некос А.Н. Вплив факторів природного середовища на хімічний склад рослинних продуктів харчування / А.Н. Некос, П.В. Семибратова // *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. – 2013. – № 1. – С. 81-84
12. Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення): монографія / М.В. Погорелов, В.І. Бумейстер, Г.Ф. Ткач, С.Д. Бончев, В.З. Сікора [та ін.] – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 147 с.
13. Проблема мікроелементів у харчуванні населення України та шляхи її вирішення / В.Н. Корзун, І.П. Козьрин, А.М. Парац [та ін.] // *Пробл. харчування*. – 2007. – № 1. – С. 5-11.
14. Evaluation of Toxic Metals and Essential Elements in Children with Learning Disabilities from a Rural Area of Southern Brazil / S. Nunes do Nascimento, M. Feiffer Charão, A. Maria Moro [et al.] // *Int. J. Environ Res Public Health*. – 2014. – №11. – P. 10806-10823.
15. Heavy Metal Contamination in Vegetables, Soil and Water and Potential Health Risk Assessment / A. Hamid, H. Riaz, S. Akhtar, S. Ahmad // *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* – 2016. – Vol. 16, № 4. – P. 786-794.
16. Drinking water studies: A review on heavy metal, application of biomarker and health risk assessment (a special focus in Malaysia) / N.H. Ab Razak, S.M. Praveen, A.Z. Aris [et al.] // *J. Epidemiol. Glob. Health*. – 2015. – № 5. – P. 297-310.
17. Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін.]; за ред. В.М.Боголюбова. 2-вид., перероб. і доп. –Вінниця: ВНТУ, 2010. – 232 с.
18. Екологічні чинники виникнення патології сечового міхура / А.М. Романюк, В.В. Сікора, М.С. Линдін [та ін.] // *Актуал. пробл. сучас. мед.* – 2016. – Т. 16, № 1 (53). – С. 146-150.
19. Pollution characteristics and health risk assessment of heavy metals in street dusts from different functional areas in Beijing, China / X. Wei, B. Gao, P. Wang [et al.] // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* – 2015. – № 112. – P. 186-192.
20. Heavy Metal Pollution in Settled Dust Associated with Different Urban Functional Areas in a Heavily Air-Polluted City in North China / D. Wan, Z. Han, J. Yang [et al.] // *Int. J. Environ Res Public Health*. – 2016. – № 13 (11). – P. 1119.
21. Effects of Acute and Chronic Heavy Metal (Cu, Cd, and Zn) Exposure on Sea Cucumbers / Li Li, Xiangli Tian, Xiao Yu, Shuanglin Dong // *Biomed Res Int*. – 2016. – № 2016 (ID 4532697). – P. 1-13.
22. Дуднік С.В. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування: монографія / С.В. Дуднік, М.Ю. Євтушенко. – К.: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. – 297 с.
23. Effect of heavy metals on fish larvae deformities: a review / D.G. Sfakianakis, E. Renieri, M. Kentouri [et al.] // *Environmental Research*. – 2015. – № 137. – P. 246-255.
24. Гичка О.Р. Розподіл важких металів у агроландшафтах водозбірних басейнів малих річок Дністра ( у межах Львівської області) / О.Р. Гичка // *Вісн. Житомир. нац. агрокол. ун-ту: наук.-теорет. зб.* / редкол.: А.С. Малиновський ( голов. ред.). – Житомир, 2011. – № 1 (28). – С. 383-388.
25. Atkinson C.A. Effect of overlying water pH, dissolved oxygen, salinity and sediment disturbances on metal release and sequestration from metal contaminated marine sediments / C.A. Atkinson, D.F. Jolley, S.L. Simpson // *Chemosphere*. – 2007. – № 69. – С. 1428-1437.
26. Heavy metal contents in water, sediment and fish in a karst aquatic ecosystem of the Plitvice Lakes National Park

- (Croatia) / P. Vukosa, M. Mlakar, N. Cukrov [et al.] // *Environ. Sci. Pollut. Res.* – 2014. – № 21. – С. 3826-3839.
27. Яковишина Т.Ф. Порівняльний аналіз підходів до екологічної оцінки поліелементного забруднення ґрунтів урбоекосистеми важкими металами / Т.Ф. Яковишина // *Вісн. Придніпров. держ. акад. буд. та архітектури.* – 2016. – № 6. – С. 25-31.
28. Яковишина Т.Ф. Екологічна оцінка поліелементного забруднення важкими металами ґрунтів м. Дніпропетровська / Т.Ф. Яковишина // *Вісн. Криворізь. нац. ун-ту: зб. наук. праць.* – Кривий Ріг: ДВНЗ КНУ, 2016. – № 41. – С. 78-83.
29. Екологічний моніторинг вмісту важких металів у ґрунтах / В.М. Галімова, І.В. Суровцев, О.О. Кравченко [та ін.] // *International scientific journal.* – 2016. – № 1 (1). – С. 110-111.
30. Янтурин С.І. Содержание тяжелых металлов в овощах, произрастающих в различных районах промышленного центра черной металлургии / С.И. Янтурин, О.Б. Прошкина // *Фундамент. исследования. Сер. Биологические науки.* – 2012. – № 9. – С. 595-597.
31. Купчик О.Ю. Визначення кореляції між вмістом важких металів у продуктах рослинництва та ґрунті при екологічному моніторингу / О.Ю. Купчик // *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування.* – 2016. – № 1. – С. 85-91.
32. Екотоксична оцінка важких металів (Cd, Cu, Ni, Co, Pb, Zn) у системі ґрунт-рослина за полярністю їхніх дитизонатів / В.М. Кавецький, Н.О. Рижченко, Т.В. Юрченко, С.В. Кавецький // *Наук. зап. НАУКМА. Біологія та екологія.* – 2012. – Т. 132. – С. 63-68.
33. Осаул Л.П. Хімічний склад антропогенного кругообігу / Л.П. Осаул, Л.М. Незгода, О.В. Капітан // *ScienceRise.* – 2016. – № 5 (2). – С. 81-90.
34. Крижанівський С.І. Екологічні проблеми енергетики / С.І. Крижанівський, Г.В. Кошляк // *Нафтогазова енергетика.* – 2016. – № 1. – С. 80-90.
35. Morais S. Heavy metals and human health / S. Morais, F.G. Costa, M.L. Pereira // In: Oosthuizen J, editor. *Environmental health – emerging issues and practice.* – 2012. – № 1st Ed. – P. 227-246.
36. Тронько М. Мікроелементи в ендокринології / М. Тронько, О. Щербак // *Аспекти фармакол.* – 2002. – № 10. – С. 24-27.
37. Особенности энергетического обмена у крыс при гипермикрорезлементозе меди / Т.В. Горбач, С.Н. Мартынова, А.С. Ткаченко [та ін.] // *Укр. ж. мед., біол. та спорту.* – 2016. – № 2. – С. 52-55.
38. Снимщикова И.А. Курс лекций по прикладной иммунологии. Учебное пособие для студентов медицинских вузов / И.А. Снимщикова. – Орел, 2015. – 120 с.
39. Lehmann I. Metal ions affecting the immune system / I. Lehmann, U. Sack, J. Lehmann // *Met. Ions Life Sci.* – 2011. – № 8. – P. 157-185.
40. Касохов А.Б. Нарушение иммунобиологической реактивности в условиях загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами / А.Б. Касохов // *Рос. вестн. перина тол. и педиатрии.* – 1999. – № 5. – С. 37-41.
41. Зинина О.Т. Влияние некоторых тяжелых металлов и микроэлементов на биохимические процессы в организме человека / О.Т. Зинина // *Избран. Вопр. суд.-мед. экспертизы.* – 2001. – № 4. – С. 99-105.
42. Макро- и микроэлементы крови у пациентов пожилого и старческого возраста, страдающих ишемической болезнью сердца / Т.М. Юрина, Т.А. Куприянова, О.И. Лямина [та ін.] // *Клин. мед.* – 2005. – № 1. – С. 20-24.
43. Сметанина Е.И. Особенности применения витаминов и минералов в пожилом и старческом возрасте / Е.И. Сметанина // *Мистецтво лікування.* – 2014. – № 3/4. – С. 6-8.
44. Смирнов В.А. Витамины и коферменты: учеб. пособ. Ч. 2 / В.А. Смирнов, Ю.Н. Климошкин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 91 с.
45. Дослідження рецепторів естрогену, прогестерону та her-2/neu в тканині раку молочної залози в умовах впливу солей важких металів / А.М. Романюк, М.С. Ліндін, Р.А. Москаленко [та ін.] // *Ж. клін. та експерим. мед. досліджень.* – 2014. – № 2 (2). – С. 168-175.
46. The Role of Heavy Metal Salts in Pathological Biomineralization of Breast Cancer Tissue / A. Romaniuk, M. Lyndin, R. Moskalenko [et al.] // *Advances in Clinical and Experimental Medicine.* – 2016. – № 25 (5). – P. 907-910.
47. Жолнин А.В. Химические элементы в окружающей среде и в организме человека / А.В. Жолнин. – Челябинск: ЧГМА, 2000. – 30 с.
48. Interference by toxic metal ions with DNA repair processes and cell cycle control: molecular mechanisms / A. Hartwig, M. Asmuss, I. Ehleben [et al.] // *Environ Health Perspect.* – 2002. – № 5. – P. 797-799.
49. Heavy Metal Exposure Influences Double Strand Break DNA Repair Outcomes / Maria E. Morales, Rebecca S. Derbes, Catherine M. Ade [et al.] // *PLoS One.* – 2016. – № 11 (3). – P. e0151367.
50. Трахтенберг І.М. Генотоксична дія потенційно небезпечних хімічних сполук / І.М. Трахтенберг, С.Л. Левіцький // *Вісн. Нац. акад. наук України.* – 2016. – № 7. – С. 27-42.
51. The impact of low-dose carcinogens and environmental disruptors on tissue invasion and metastasis / J. Ochieng, G.N. Nangami, O. Ogunkua [et al.] // *Carcinogenesis.* – 2015. – № 36. – P. 128-159.
52. Heavy Metals and Human Health: Mechanistic Insight into Toxicity and Counter Defense System of Antioxidants / Jan Arif Tasleem, Azam Mudsser, Siddiqui Kehkashan [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* – 2015. – № 16 (12). – P. 29592-29630.
53. Mathew B.B. Free radicals and antioxidants: A review / B.B. Mathew, A. Tiwari, S.K. Jatawa // *J. of Pharmacy Research.* – 2011. – № 4. – P. 4340-4343.
54. Пахомова І.В. Антиоксиданти рослинного походження для жиромісних кондитерських виробів / І.В. Пахомова // *Наук. праці НУХТ.* – 2016. – Т. 22, № 1. – С. 185-191.
55. Про-антиоксиданти та система організму людини, оксидативний стрес, його наслідки і шляхи подолання / М.О. Полумбрик, О.М. Полумбрик, Я.Г. Бальон, О.Г. Резніков // *Наук. праці НУХТ.* – 2014. – Т. 20, № 4. – С. 19-29.
56. Про- та антиоксидантна системи і патологічні процеси в організмі людини / О.Г. Резніков, О.М. Полумбрик, Я.Г. Бальон [та ін.] // *Вісн. НАН України.* – 2014. – № 10. – С. 17-29.
57. Количественная оценка биомаркеров апоптоза и клеточной регуляции у детей с повышенным содержанием стронция в организме / Д.Г. Дианова, Н.А. Вдовина, Е.А. Пирогова [та ін.] // *Рос. иммунол. ж.* – 2015. – Т. 9 (18), № 2 (1). – С. 129-131.
58. Вміст важких металів в індикаторних біосередовищах фертильних та інфертильних чоловіків, які мешкають на урбанізованих територіях / Е.М. Білецька, В.П. Стусь, Н.М. Онул [та ін.] // *Мед. перспективи.* – 2015. – Т. 20, № 1. – С. 111-116.
59. The features of morphological changes in the urinary bladder under combined effect of heavy metal salts / A. Romaniuk, V. Sikora, M. Lyndin [et al.] // *Interventional Medicine & Applied Science.* – 2017. – № 9. – P. 1-7.

**РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И ИХ РОЛЬ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗМА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)***А.М. Романюк, В.В. Сикора, Ю.М. Линдина, М.С. Линдин*

**Резюме.** В последние годы изучению проблемы загрязнения окружающей среды посвящено значительное количество научных работ. Рост интенсивности и масштабов распространения различных поллютантов происходит практически во всем мире, что привело к опасному рубежу экологических кризисов. Одним из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды являются тяжелые металлы, из-за их токсичности и распространенности. Постоянное воздействие повышенных концентраций тяжелых металлов, способность циркулировать и мигрировать в гидро-, лито- и атмосфере, приводит к их кругообороту в природе, истощение ее защитных и регулирующих механизмов, влекущее за собой опасность всестороннего воздействия этих загрязнителей на живые организмы. Как следствие, эти микроэлементы-токсиканты представляют большую угрозу для дисбаланса физиологических процессов на макро-, микро- и ультраструктурных уровнях, что влечет за собой развитие различных патологических состояний в организме.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, соли тяжелых металлов, микроэлементы, поллютанты, загрязнение окружающей среды

**ABUNDANCE OF HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT AND THEIR ROLE IN THE VITAL ACTIVITY OF THE ORGANISM (REVIEW OF LITERATURE)***A.M. Romaniuk, V.V. Sikora, Y.M. Lyndina, M.S. Lyndin*

**Abstract.** In recent years a significant number of scientific works have been devoted to the problem of environmental pollution. Increase of the intensity and areas of the abundance of various pollutants happens almost worldwide, that has led to dangerous limit of environmental crises. Heavy metals are among the most dangerous environmental pollutants due to their toxicity and spread. Due to the rapid urbanization, anthropogenic and human-caused development, these xenobiotics in liquid, solid and gaseous states spread into all layers of the ecosystem of our planet. Constant impact of highly concentrated heavy metals, their property to circulate and migrate in hydro-, litho- and atmosphere lead to their circulation in the nature and depletion of its protective and regulatory mechanisms. It leads to the overall dangerous impact of these pollutants on living organisms. As the result, these trace elements-toxicants pose a threat to the imbalance of physiological processes at the macro-, micro- and ultrastructural levels that lead to the development of various pathologies in the body.

**Key words:** heavy metals, heavy metal salts, trace elements, pollutants, environmental pollution.

Sumy State University, Medical institute (Sumy)

Рецензент – проф. Л.І. Власик

Buk. Med. Herald. – 2017. – Vol. 21, № 2 (82), part 1. – P. 145-150

Надійшла до редакції 20.04.2017 року