

них чинників, і має складні механізми регуляції. В умовах забруднення навколишнього середовища екотоксикантами відбувається накопичення у сім'яниках активних форм кисню та активація вільнорадикального перекисного окислення. Зокрема, експозиція до важких металів (Al, Cr, Cd, Pb, Fe) належить до факторів, що збільшують кількість прооксидантів і негативно впливають на функціональну здатність та рухливість сперматозоїдів, тоді як вплив Zn, Mg і Ca може захистити від оксидативного стресу [8, 9, 10].

Висновки

1. Вплив викидів Бурштинської теплоелектростанції має виражений репротоксичний ефект, що проявляється депресивними змінами сперматогенезу, зменшенням концентрації сперматозоїдів в еякуляті, кількості сперматозоїдів з прогресивним рухом, збільшенням патологічних форм статевих клітин та зниженням їхньої життєздатності.

2. Репродуктивна система жаби озерної є чутливою до забруднення навколишнього середовища, показники спермограми є інформативними біомаркерами і можуть бути використаними для біоіндикації стану техногенно трансформованих територій.

ЛІТЕРАТУРА

- Mima M., Greenwald D., Ohlander S. Environmental Toxins and Male Fertility. *Current Urology Reports*. 2018. Т. 50, № 19. Р. 49-57. doi: 10.1007/s11934-018-0804-1.
- Резников А.Г. Взгляд патофизиолога-эндокринолога на проблему возрастного дефицита андрогенов у мужчин (ЛОИ-синдром). *Международный эндокринологический журнал*. 2014. Т. 62, № 6. С. 11-18.
- Панківський Ю.І., Ошуркевич-Панківська О.Є., Осташок М.Б. Оцінювання впливу Бурштинської ТЕС на атмосферне повітря. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Т. 27, № 5. С. 59-62.
- Яглова Н.В., Яглов В.В. Эндокринные дизрапторы – новое направление исследований в эндокринологии. *Вестник РАМН*. 2012. № 3. С. 56-61.
- Rehman S., Usman Z., Rehman N. et al. Endocrine disrupting chemicals and impact on male reproductive health. *Transl Androl Urol*. 2018. Vol. 7 (3). P. 490-503.
- Филатова Л.Н. Структурно-функциональная характеристика семенников прыткой ящерицы (*Lacerta agilis*) и озерной лягушки (*Ranaridibunda*) в зоне влияния предприятия черной металлургии. *Вестник Оренбургского гос. ун-та*. 2011. Т. 135, № 16. С. 225-226.

7. Шевлюк Н.Н., Блинова Е.Е., Бокров Д.А., Демина Л.Л. Морфофункциональная характеристика органов размножения грызунов из популяций, находящихся в зоне влияния завода, перерабатывающего газ с повышенным содержанием соединений серы. *Морфология*. 2008. Т. 134. № 5. С. 43-47.

8. Алоян К.А., Матвеев А.В., Морев В.В., Корнеев И.А. Физиологические механизмы обеспечения подвижности сперматозоидов. *Урологические ведомости*. 2013. Т. III. № 4. С. 14-19.

9. Pizent A., Tariba B., Zivkovich T. Reproductive toxicity of metals in men. *Arch Hig Rada Toksikol*. 2012. Vol. 63. P. 35-46.

10. Moreno R.D., Reyes J.G., Farnas J.G. et al. Spermatogenesis at the extreme: Oxidative stress as a converging mechanism of testicular damage due to pathological and environmental exposure. In: *Testis: Anatomy, Physiology and Pathology*. 2012. P. 1-24.

REFERENCES

- Mima M., Greenwald D. and Ohlander S. *Current Urology Reports*. 2018; 19 (50): 49-57. doi: 10.1007/s11934-018-0804-1.
- Reznikov A.G. *Mezhdunarodnyi endokrinologicheskii zhurnal*. 2014; 6 (62): 11-18 (in Russian).
- Pankivskiy Yu.I., Oshurkevych-Pankivska O.Ye. and Ostashuk M.B. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2017; 27 (5): 59-62. <https://doi.org/10.15421/40270512> (in Ukrainian).
- Yaglova N.V., Yaglov V.V. *Vestnik RAMN*. 2012; 3: 56-61 doi: <https://doi.org/10.15690/vramn.v67i3.186> (in Russian)
- Rehman S., Usman Z., Rehman N. et al. *Transl Androl Urol*. 2018; 7 (3): 490-503. doi: 10.21037/tau.2018.05.17
- Filatova L.N. *Vestnik OGU*. 2011; 16 (135): 225-226 (in Russian).
- Shevlyuk N.N., Blinova E.E., Bokov D.A., Diomina L.L. *Morfologiya*. 2008; 134 (5): 43-47 (in Russian).
- Aloyan K.A., Matveev A.V., Morov V.V., Korneev I.A. *Urologicheskie vedomosti*. 2013; 3 (4): 14-19 (in Russian).
- Pizent A., Tariba B., Zivkovich T. *Arch Hig Rada Toksikol*. 2012; 63: 35-46. doi: 10.2478/10004-1254-63-2012-2151.
- Moreno R.D., Reyes J.G., Farnas J.G. et al. Spermatogenesis at the Extreme: Oxidative Stress as a Converging Mechanism of Testicular Damage due to Pathological and Environmental Exposure. In: *Testis: Anatomy, Physiology and Pathology*. 2012. P. 1-24.

Надійшла до редакції 14.05.2019

ESSAYS ABOUT TOXICOLOGY OF HEAVY METALS

Yavorovskiy O.P.

«НАРИСИ З ТОКСИКОЛОГІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ»

Яворовський О.П.

У 2016-2018 роках в історії вітчизняної профілактичної токсикології відбулася подія, яку, без жодного перебільшення, слід назвати визначною. За за-

гальної редакції академіка НАМН України, члена-кореспондента НАН України Трахтенберга І.М. побачили світ п'ять окремих монографічних видань, присвячених токсикології шести найрозповсюдженіших на нашій планеті з геохімічних позицій та найбезпечніших в екотоксикологічному відношенні забруднювачів біосфери – свинцю, ртуті, кадмію, марганцю, хрому і заліза:

□ Нариси з токсикології важких металів. Випуск I. Свинець; за загальною редакцією академіка НАМН України І.М. Трахтенберга. Київ: ВД «Авіценна», 2016. 112 с.;

□ Нариси з токсикології важких металів. Випуск II. Ртуть; за загальною редакцією академіка НАМН України І.М. Трахтенберга. Київ: ВД «Авіценна», 2016. 72 с.;

□ Нариси з токсикології важких металів. Випуск III. Кадмій; за загальною редакцією академіка НАМН України І.М. Трахтенберга. Київ: ВД «Авіценна», 2017. 64 с.;

□ Нариси з токсикології важких металів. Випуск IV. Марганець, хром; за загальною редакцією академіка НАМН України І.М. Трахтенберга. Київ: ВД «Авіценна», 2018. 88 с.;

□ Нариси з токсикології важких металів. Випуск V.

© Яворовський О.П. СТАТТЯ, 2019.

**Рецензія
на цикл наукових видань
«Нариси
з токсикології
важких металів:
I – Свинець; II – Ртуть;
III – Кадмій, IV – Марганець,
Хром; V – Залізо»**

**за загальної редакції
академіка НАМН України,
члена-кореспондента
НАН України
І.М. Трахтенберга,
Київ, ВД «Авіценна»,
2016-2018.**

Залізо; за загальною редакцією академіка НАМН України І.М. Трахтенберга. Київ: ВД «Авіценна», 2017. 88 с.

Зазначені видання приурочені до 110-річчя від дня народження видатного вченого-новатора, засновника вітчизняної наукової школи профілактичної (гігієнічної) токсикології, багаторобіт якого присвячені вивченню впливу на людину та її оточення токсичних сполук металів, академіка Льва Івановича Медведя.

Свинець, ртуть, кадмій, марганець, хром і залізо були обрані академіком І.М. Трахтенбергом для випусків наукового видання, оскільки вони відрізняються від інших хімічних сполук значною стійкістю в об'єктах довкілля, високою біологічною доступністю, яка зумовлює легку абсорбцію їх тканинами організму людини, а такі метали, як свинець, кадмій і ртуть за параметрами токсикометрії віднесені до надзвичайно небезпечних (1 клас) і високотоксичних.

При цьому у зазначеному монографічному виданні академіком НАМНУ І.М. Трахтенбергом узагальнені не лише багаторічні власні дослідження і спостереження, а й дані наукової літератури та сучасних інформаційних баз і джерел з токсикології зазначених важких металів, які одержані й опубліковані іншими вітчизняними та закордонними дослідниками.

Наукове видання І.М. Трахтенберга задумане так, що викладенню фактичного матеріалу, уміщеного у кожен з 5 випусків, передують дуже важ-

ливі і корисні для читача загальні дані у передмові до видання «Важкі метали в оточенні людини» і вступі. З них розпочинається випуск I «Нарисів з токсикології важких металів», присвячених свинцю (ст. 7-40).

У цій ґрунтовній преамбулі І.М. Трахтенберг, згадуючи про існування близько 40 визначень терміна «важкі метали» (ВМ), викладає власну точку зору щодо суті цього поняття. Він вважає найбільш обґрунтованою класифікацію ВМ, яка базується на питомій густині, питомій вазі хімічного елемента, що виражається у грамах на один сантиметр кубічний, і відносить до категорії ВМ ті 43 з 82 хімічних елементів періодичної системи Д.І. Менделєєва, які мають показник ≥ 5 г/см³.

У цьому розділі наводиться розподіл металів на такі, які у певних кількостях є необхідними для функціонування рослин, тварин і людини – мікроелементи (залізо, мідь, цинк, молібден), які можуть чинити шкідливий вплив на організм людини, накопичуватися і викликати інтоксикації – токсичні метали (свинець, ртуть) і які мають токсичний вплив на живі організми, але можуть бути корисними для деяких видів рослин (кадмій, ванадій тощо).

Крім того, у передмові до видання академік Трахтенберг дає визначення понять біогеохімічних провінцій і мікроелементозів як патологічних станів, пов'язаних з дефіцитом або надлишком того чи іншого важкого металу, та поділ їх на природні (ендогенні й екзогенні), техногенні та ятрогенні. Надає зведену таблицю геохімічних аномалій і захворювань, спричинених дефіцитом або надлишком в об'єктах довкілля марганцю, хрому, заліза, нікелю, ртуті, кадмію, свинцю. Наводить статистику ендемічних захворювань, зареєстрованих в Європі, Азії, Північній і Центральній Америці, Африці.

Усі п'ять випусків «Нарисів з токсикології важких металів» об'єднані у спільне наукове видання тим, що матеріали у кожному з них викладені уні-

фіковано, за єдиною принциповою схемою, а саме: коротка історична довідка; важкий метал як забруднювач довкілля; фізико-хімічні властивості та сфери застосування металу і його сполук; джерела забруднення металами і їхніми похідними об'єктів довкілля; вміст металів в атмосферному повітрі, воді, ґрунті, харчових продуктах; шляхи надходження металів до організму людини; розподілення, накопичення, біотрансформація; характеристика токсичного впливу металу на організм людини; клінічні ознаки та діагностика отруєння металами, маркери експозиції та методи визначення металів у біологічних матеріалах; заходи профілактики впливу важких металів на організм людини та довкілля.

У кожній книзі після викладеного фактичного матеріалу містяться короткі висновки, які резюмують досягнення у вивченні характеру та особливостей токсичної дії того чи іншого металу на організм людини і демонструють положення про те, що впровадження комплексу науково обґрунтованих профілактичних заходів дозволяє не тільки охороняти від забруднення об'єкти біосфери і людські популяції, а й за рахунок ефективної елімінації металів із організму людини зберігати здоров'я та інтелектуальний потенціал населення країни.

Перелік джерел літератури, використаної при підготовці кожної книги, містить значну кількість найменувань (від 114 (кадмій) до 172 (марганець, хром) сучасних публікацій вітчизняних та зарубіжних авторів.

Загалом «Нариси з токсикології важких металів» за редакцією академіка НАМН України І.М. Трахтенберга відрізняються від попередніх видань тим, що вони викладені у п'яти окремих книгах, що надає можливість авторам зібрати максимально повну, практично вичерпну інформацію про кожний окремий хімічний елемент. Інформація, вміщена у книгах, є не лише ширшою і багатограннішою, а, що найголовніше, осучасненою. Щодо

кожного з шести описаних важких металів наукове видання «Нариси з токсикології важких металів», з нашої точки зору, справедливо вважати енциклопедичним.

Наукове видання «Нариси з токсикології важких металів» побудоване таким чином, що три його перші випуски присвячені найнебезпечнішим важким металам, які є явно токсичними хімічними елементами – свинцю, ртуті і кадмію.

У науковому виданні підкреслено, що ВООЗ віднесла свинець, ртуть і кадмію до 10 хімічних речовин, які викликають основну стурбованість у галузі суспільної охорони здоров'я і вимагають дій з боку держав-членів для того, щоб захистити здоров'я працівників, дітей та жінок дітородного віку.

Відзначено, що хоча токсичний вплив кадмію і його сполук відносно менш виражений порівняно зі свинцем і ртуттю через часткове зв'язування в організмі зі специфічним білком металотіонеїном, його надзвичайна небезпечність у разі тривалого надходження до організму зумовлена дуже високим коефіцієнтом біологічної акумуляції (період напіввиведення із організму людини становить близько 40 років, порівняно зі свинцем – 35-40 днів, ртуттю – близько 65 днів).

У виданні І.М. Трахтенберга розділи кожного з випусків містять інформацію з токсикології, токсикокінетики і токсикодинаміки та суттєво розширені і доповнені за рахунок нових даних, одержаних не лише в експерименті на лабораторних тваринах, а й на альтернативних біологічних моделях, які з біоетичних міркувань усе ширше запроваджуються у практику токсикологів.

Механізми токсичної дії ВМ розглянуто з позиції розкритих закономірностей перебігу, проявів ранніх порушень, які відбуваються на молекулярному та молекулярно-генетичному рівнях.

Результати токсикологічних експериментів доповнені матеріалами натурних гігієнічних

досліджень, одержаних у сучасних виробничих умовах (наприклад, при виготовленні свинцево-кислотних акумуляторів і батарей). Вони відображають новий технологічний рівень, використовуване обладнання та організацію виробництва. Це стосується не лише свинцю, ртуті, кадмію, а й інших ВМ.

Клінічні та лабораторні дані потерпілих від інтоксикації свинцем, ртуттю, кадмієм, марганцем, хромом, залізом безпосередньо одержані під час обстеження та лікування хворих у клініці професійних захворювань Інституту медицини праці імені Ю.І. Кундієва НАМН України.

Вони віддзеркалюють сучасні рівні поширеності професійних інтоксикацій, клінічні особливості їхнього перебігу, суттєво доповнюють і розширюють наші уявлення щодо характеру впливу ВМ на організм людини.

Ще однією позитивною особливістю наукового видання І.М. Трахтенберга є те, що ВМ у нарисах він уперше розглянув не тільки з точки зору впливу хімічної будови і фізико-хімічних властивостей ВМ на їхню біологічну активність (тобто у токсикологічній площині), а й з біогеохімічних позицій – залежності хімічного складу живих організмів від хімічного складу літосфери (земної кори), тобто залежності мікроелементного гомеостазу як інтегрального показника здоров'я людини від геохімічного чинника (регіонального хімічного складу літосфери, питної води та харчових продуктів).

Увага читача акцентується на тому, що частина ВМ може виступати етіологічними чинниками у розвитку інтоксикації і водночас мати властивості есенційних мікроелементів – біометалів, які забезпечують життєво важливі біохімічні та фізіологічні функції.

Наприклад, марганець бере участь у формуванні кісткової тканини та кровотворенні, забезпечує нормальне функціонування нервової системи, допомагає боротися з алергічними реакціями та цукровим діабетом.

Він належить до найважливіших біоелементів (мікроелементів) і є компонентом багатьох ферментів – трансферази, гідролази, ліази, супероксиддисмутази, аргінази, глутамінсинтетази; бере участь у синтезі та обміні нейромедіаторів і гормонів; перешкоджає вільнорадикальному окисненню, забезпечує стабільність структури клітинних мембран; забезпечує нормальне функціонування м'язової тканини, бере участь в обміні гормону щитоподібної залози тироксину тощо. Дефіцит марганцю призводить до порушень формування скелета, порушення репродуктивної, нервової, слухової систем.

Хром є компонентом низькомолекулярного органічного комплексу – фактора толерантності до глюкози, активність якого знижується за умов дефіциту хрому. Хром здатний підсилювати дію інсуліну в усіх метаболічних процесах, регульованих цих гормоном. Тому хром необхідний хворим на цукровий діабет (насамперед II типу), оскільки рівень його у крові у таких хворих є зниженим. Дефіцит хрому в організмі, крім підвищення рівня глюкози у крові, призводить до збільшення концентрації тригліцеридів і холестерину у плазмі крові і, нарешті, до атеросклерозу.

Залізо є одним з найважливіших есенційних мікроелементів, оскільки в організмі бере участь у кровотворенні, диханні, окисно-відновних реакціях та імунобіологічних процесах.

Сучасні технології у галузі молекулярної хімії, біології та генетики дозволили визначити десятки білків, які беруть участь у метаболізмі заліза, а також у метаболізмі інших мікро- і макроелементів, зокрема міді, марганцю, цинку, кальцію, магнію та інших. Порушення метаболізму заліза в організмі, його нестача або надлишок, визначають патогенез значної кількості захворювань, зокрема залізодефіцитної анемії.

Цінність матеріалів наведених І.М. Трахтенбергом у випусках IV-V «Нарисів з ток-

сикології важких металів», присвячених марганцю, хрому і залізу, полягає у тому, що крім гігієнічних нормативів допустимого вмісту зазначених ВМ в об'єктах довкілля як токсикантів, вміщено табличні матеріали щодо їхнього вмісту у різних групах харчових продуктів. Якщо перші дозволяють оцінювати ризики виникнення інтоксикації у разі надходження ВМ із різних об'єктів довкілля, то другі надають можливість здійснювати аліментарно профілактику марганцевого, хромового і залізоумовленого мікроелементозу.

Новим і надзвичайно важливим у практичному відношенні є те, що у монографічному виданні «Нариси з токсикології важких металів» вперше введено розділ «Маркери експозиції та сучасні методи визначення важких металів у біологічних середовищах».

Передусім біомоніторинг стосується ВМ, які виявляють високу токсичність (свинцю, ртуті, кадмію), але не менш важливий і для металів, які водночас виступають есенційними мікроелементами – марганцю, хрому, заліза.

Автори зазначають, що серед показників експозиції токсичними ВМ найінформативнішими і найбільш доказовими є вміст металу у біологічному середовищі (цільній крові, плазмі, сироватці, сечі, волоссі, нігтях), а для металів-мікроелементів – в органах і тканинах, які їх депонують для подальших функціональних потреб. До інформативних належать також біохімічні показники, специфічні для того чи іншого металу.

Як відомо, біомаркери нині мають важливе значення для проведення процедури оцінки ризику впливу шкідливого або небезпечного агента. Біомаркери дозволяють одержати дані щодо зв'язку між експозицією даним металом і його кількістю, яка надійшла до організму (дозою), а також зв'язку експозиції з кінцевим результатом (клінічним проявом металотоксикозу).

Ще одна перевага «Нарисів з токсикології важких металів» полягає у тому, що їхній

текстовий зміст доповнено зручним у користуванні зведеним табличним матеріалом, який стосується гігієнічних нормативів допустимого вмісту ВМ у повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, питній воді, ґрунті, продуктах харчування.

Як позитивний слід відзначити також той факт, що у «Нарисах з токсикології важких металів» І.М. Трахтенберг і його учні вперше наводять дані стосовно токсикології ВМ та їхніх сполук, які перебувають у наноформі, тобто лінійні розміри яких – у діапазоні 1-100 нм (10^{-9} м). За їхніми даними, повітря робочої зони та атмосферне повітря нанометали забруднюють переважно у вигляді наноаерозолі.

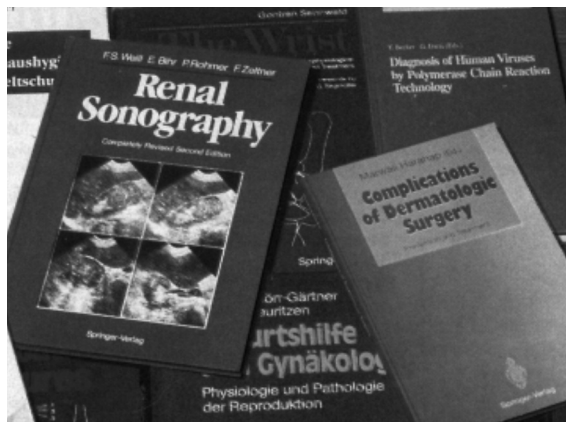
Так, у випуску V, присвяченому залізу, виділено окремий розділ «Токсичні ефекти наночастинок заліза та його оксидів», в якому автори надають інформацію про синтезовані НЧ оксидів заліза Fe_2O_3 і Fe_3O_4 , які мають унікальні парамагнітні властивості. Вони активно застосовуються у медицині, зокрема як контрастна речовина для МРТ діагностики, для адресної доставки ліків, руйнування пухлин за допомогою гіпертермії. Однак автори застерігають, що використання наночастинок оксидів заліза з зазначеною метою передбачає введення їх до організму людини, взаємодію з клітинами та молекулярними структурами, а це впливає на життєдіяльність клітин, їхню функцію, активність білків.

На завершення свого позитивного відгуку хочу відзначити, що читача приємно вражає цікавим фактажем і лаконічним

літературним викладом багатий історичний матеріал, уміщений у кожному з рецензованих випусків «Нарисів з токсикології важких металів». Він стосується досвіду з питань гігієни і безпеки праці, набутого людством у багатовіковому виробничому контакті з такими ВМ, як свинець, ртуть, кадмій, марганець, хром і залізо. Відображено еволюцію поглядів вчених щодо шляхів надходження важких металів до організму людини, залежності прояву шкідливої дії від кількості металу, що потрапив до організму, його здатності до накопичення в органах і тканинах організму людини, поступового усвідомлення аксіоми стосовно того, що з появою нової хімічної небезпеки, пов'язаної з професійною діяльністю, виникає необхідність захисту людини від шкідливої дії металу.

Насамкінець хочу побажати професору І.М. Трахтенбергу і його учням та співробітникам лабораторії промислової токсикології і гігієни праці при використанні хімічних речовин Інституту медицини праці імені Ю.І. Кундієва НАМН України (раніше – Київський НДІ гігієни праці і профзахворювань) доброго здоров'я та творчого натхнення у створенні нових випусків цього унікального і надзвичайно цікавого наукового видання.

**ЯВОРОВСЬКИЙ О.П.,
доктор медичних наук,
професор,
дійсний член НАМН
України,
завідувач кафедри
гігієни та екології № 2
Національного медичного
університету
імені О.О. Богомольця**



РЕЦЕНЗІЯ