

**ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ, ЇХ ЗНАЧЕННЯ ТА ВПЛИВ НА БІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ( ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)****А.О. Бедзай**

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна

**Ключові слова:** макро- і мікроелементи, референтні рівні, методи аналізу, метаболічні процеси, патологія.

Буковинський медичний вісник. Т.23, № 4 (92). С. 179-184.

**DOI:**  
10.24061/2413-0737.  
XXIV.4.92.2019.108

**E-mail:** artembedzai@gmail.com

**Мета роботи** — провести аналіз досліджень, присвячених участі і ролі основних макро- і мікроелементів у метаболічних процесах, пов'язаних із дефіцитом, надлишком або їх дисбалансом в організмі.

**Висновки.** У даному огляді узагальнено наукові дані про роль макро- і мікроелементів у патогенезі цілого ряду захворювань. Неоднозначність наукових даних щодо результатів досліджень вмісту мікроелементів у різних органах і системах, їх ролі в життєдіяльності організму, свідчить про складність проблеми і доводить доцільність її подальшого вивчення для опрацювання сучасних методів лікування та створення наукових рекомендацій щодо здорового способу життя людини. Для оцінки елементного статусу організму доцільно використовувати систему визначення мікроелементного забезпечення організму за мікроелементограмами.

**Ключевые слова:** макро- и микроэлементы, референтные уровни, методы анализа, метаболические процессы, патология.

Буковинский медицинский вестник. Т.23, № 4 (92). С. 179-184.

**ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА, ИХ ЗНАЧЕНИЕ И ВЛИЯНИЕ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)****А.А. Бедзай**

**Цель работы** — провести анализ исследований, посвященных участию и роли основных макро- и микроэлементов в метаболических процессах, связанных с дефицитом, избытком или их дисбалансом в организме.

**Выводы.** В данном обзоре обобщены научные данные о роли макро- и микроэлементов в патогенезе целого ряда заболеваний. Неоднозначность научных данных относительно результатов исследований содержания микроэлементов в разных органах и системах, их роли в жизнедеятельности организма, свидетельствуют о сложности проблемы и подтверждают важность ее дальнейшего изучения для разработки современных методов лечения и создания научных рекомендаций относительно здорового способа жизни человека. Для оценки элементного статуса организма целесообразно использовать систему определения микроэлементного обеспечения организма по микроэлементограммам.

**Keywords:** macro and microelements, reference levels, methods of analysis, metabolic processes, pathology.

Bukovinian Medical Herald. V.23, № 4 (92). P. 179-184.

**CHEMICAL ELEMENTS IN THE HUMAN BODY, THEIR SIGNIFICANCE AND INFLUENCE ON BIOLOGICAL PROCESSES (REVIEW OF LITERATURE)****A.O. Bedzai**

**Objective** — to conduct an analysis of studies on the participation and role of major macro- and microelements in metabolic processes associated with deficiency, excess or imbalance of them in the body.

**Conclusions.** This review summarizes the scientific data on the role of macro- and trace elements in the pathogenesis of a number of diseases. The ambiguity of scientific data on the results of research on the content of trace elements in var-

## Наукові огляди

*ious organs and systems, their role in the life of the organism, indicate the complexity of the problem and confirm the importance of its further study for the development of modern methods of treatment and the creation of scientific recommendations on a healthy way of life. To assess the elemental status of an organism, it is expedient to use a system for determining the micronutrient maintenance of the body for microelementograms.*

**Вступ.** Висока біологічна активність мікроелементів, їх зв'язок з металоферментами, участь в обміні речовин, тканинному диханні, визначають їх важливу роль у патогенезі цілого ряду захворювань. Їх дисбаланс призводить до порушення функції кровотворної, імунної, нервової систем і численних захворювань. Причиною дисбалансу можуть бути різні екзогенні фактори, у тому числі і токсичні хімічні сполуки.

У живих організмах тварин та людини за допомогою різних хімічних та фізико-хімічних методів виявлено більше 80 хімічних елементів [1]. Організм вибірково асимілює з біосфери певні нукліди. При цьому їх концентрація залежить від важливості сполук цього елемента для функціонування систем організму. Показово, що якщо більшість органічних біологічно активних речовин живий організм здатний синтезувати сам, то неорганічні сполуки макро- і мікроелементів він отримує лише з харчовими продуктами, повітрям або водою. При надлишку або нестачі необхідних біоелементів порушується нормальна життєдіяльність організму, що призводить до виникнення різних захворювань. Біоелементи, які постійно містяться в організмі і виконують певну біологічну функцію, називаються життєво необхідними. Проте внаслідок значного забруднення довкілля, зокрема, води водоймищ, ґрунту, повітря, сільськогосподарської продукції, продуктів харчування потенційно небезпечними хімічними речовинами, в організм людини можуть потрапляти чужорідні хімічні сполуки — ксенобіотики.

Аналіз досліджень та публікацій. Науковцями досліджений вміст мікроелементів у різних ділянках міокарда хворих на ішемічну хворобу серця (ІХС) методом рентгенофлюоресцентного аналізу з використанням синхронного випромінювання. При цьому відмічено підвищений вміст Ni і Zn на декілька порядків особливо в зоні інфаркту міокарда [2], виявлена виражена різниця у вмісті хімічних елементів в обох шлуночках, зокрема Zn, Mn, Fe, Ca [3].

Висвітлені питання участі основних мікроелементів у процесах обміну білків, вуглеводів, нуклеїнових кислот, вітамінів, мінеральних речовин [1], у пуриновому обміні хворих на ревматоїдний артрит [4]. Вивчено зміни мікроелементного обміну та клінічного перебігу захворювання залежно від рівня в крові загальної холестерину та під час тривалої ліпідознижуючої та гепатопротекторної терапії у хворих на стабільну стенокардію напруги [5]. Встановлено, що вміст Se, Mn, Zn у плазмі крові у хворих на ІХС знижений, що призводить до порушення функції мембран, кардіоміоцитів. У той же час виявлено, що підвищення рівня Fe у плазмі крові також призводить до ураження міокарда [6]. Досліджений склад мікроелементів у серці, печінці, нирках, надниркових залозах, селезінці, сироватці крові в токсикологічних дослідках на білих щурах. Встановлено, що під впливом ксенобіотиків знижується вміст мікроелементів в органах і тканинах організму. Це свідчить про порушення адаптації організму до шкідливого впливу ксенобіотиків [7].

При цьому результати досліджень вмісту мікроелементів у різних органах і системах дуже суперечливі через використання різних методів кількісного визначення мікроелементів: атомно-абсорбційної спектроскопії, атомно-емісійної спектроскопії, мас-спектроскопії, рентгенофлюоресцентного аналізу та інших. Тому задача виявлення зв'язку між впливом багатьох факторів, які можуть розглядатись як причинні (надлишок важких металів, дефіцит есенційних мікроелементів), і станом здоров'я на індивідуальному і популяційному рівнях є дуже складною, важливою і вимагає подальших ґрунтовних досліджень.

**Мета роботи** — провести аналіз досліджень, присвячених участі і ролі основних макро- і мікроелементів у метаболічних процесах, пов'язаних із дефіцитом, надлишком або їх дисбалансом в організмі.

**Основна частина.** На основі природного відбору визначились хімічні елементи, які є незамінними компо-

Таблиця 1

## Вміст біометалів в організмі

Біометал	% мас	г/70 кг	Біометал	% мас	г/70 кг
Кальцій Ca	1,5	1050	Цинк Zn	2,7*10 <sup>-3</sup>	1,9
Калій K	0,35	245	Купрум Cu	2,0*10 <sup>-4</sup>	0,15
Натрій Na	0,15	105	Манган Mn	2,8*10 <sup>-5</sup>	0,02
Магній Mg	0,05	35	Кобальт Co	4,0*10 <sup>-6</sup>	0,003
Ферум Fe	0,01	5	Хром Cr	2,0*10 <sup>-6</sup>	0,0015

нентами існування і функціонування живих організмів [8]. Ці елементи наведені в таблиці 1 [9].

За кількісним вмістом біоелементів в організмі вони поділяються на макро-, мікро- та ультрамікроелементи. До макроелементів відносять метали K, Na, Ca, Mg. Їх масова частка в організмі становить 0,01% (10–2% мас.). Групу мікроелементів складають більше 20 хімічних елементів. Найбільш важливими є Fe, Cu, Zn, Co, Mn, Mo, I, Y, Cr, Ni, Se. Вони входять до складу живих організмів у менших кількостях — від 10–3 до 10–6% мас., але відіграють дуже важливу роль у процесах життєдіяльності організму. Якщо масова частка елемента в організмі становить менше 10–6% мас., то їх відносять до ультрамікроелементів або «слідових» елементів (Au, Hg, Tl) [9]. За даними літератури [10] у крові людини спостерігається досить широкий діапазон середніх значень кількості різних металів. Зокрема, вміст Zn коливається у межах від 1,6 до 9,4 мг/л, Cu від 0,6 до 1,7 мг/л, Pb від 0.004 до 0,88 мг/л.

Макро- та мікроелементи виконують різні біологічні функції. Вони полягають у здатності включатися у складні структури білкових молекул, впливати на функцію ферментів, посилювати дію деяких гормонів та вітамінів. Тому їх називають «металами життя». Для нормального функціонування організму такі мікроелементи, як Cu, Mn, Mo, Cr, Co, V, B, тепер рекомендують як харчові добавки з метою профілактики різних захворювань. Крім того, широке застосування знаходять полівітамінні комплексні препарати з мінеральними добавками [9]. Медична мікроелементологія накопичила значний фактичний матеріал про роль і значення збалансованого забезпечення мікроелементами організму в підтриманні нормального гомеостазу.

Методи аналізу мікроелементів. Аналіз описаних у літературі досліджень показує, що для виявлення хімічних речовин і встановлення їх кількісного вмісту в організмі найбільш широко використовуються сучасні інструментальні методи аналізу [10]. Високу чутливість для більшості елементів має інструментальний нейтронно-активаційний метод і мас-спектрометричний. Недоліком обох методів є необхідність складного обладнання і висока вартість аналізів [11]. Атомно-емісійний аналіз (АЕА) з дуговим збудженням — найбільш старий серед методів багатоелементного емісійного аналізу, простий у виконанні, економічний і доступний. Головною перевагою АЕА є можливість одночасного визначення з достатньо високою чутливістю великої кількості елементів (10–15 елементів з одної проби). Метод атомно-абсорбційної спектрометрії (ААС) відрізняється високою чутливістю і вибірковістю [11]. Останнім часом для визначення вмісту елементів використовується комплекс, який включає в себе мас-спектрометр з індуктивно-зв'язаною плазмою і рідинний хроматограф. Також широко використовуються методи газорідинної і тонкошарової хроматографії, високоефективної рідинної хроматографії тощо [1].

Групи ризику. Для формування груп ризику за інтоксикацією металами запропоновано використовувати

такі показники, як біологічно допустимий рівень (БДР), критичний рівень (КР) і умовно біологічно допустимий рівень (УБДР) хімічних елементів у біосередовищах [1]. БДР — вміст елемента в організмі або критичному органі, який можна виявити сучасними методами досліджень, що при постійній його наявності в організмі не викликає змін стану здоров'я людини, при значному перевищенні БДР по одному із елементів у багатьох обслідуваних доцільно використовувати інший показник — КР. Це вміст елемента в організмі або критичному органі, при якому спостерігаються біохімічні зміни, пов'язані з токсичним впливом елемента. УБДР — емпірично встановлений показник, отриманий в акредитованій і ліцензованій (на визначення елементів у біооб'єктах за міжнародним стандартом) лабораторії, який за умови багаторічних (не менше 10 років) клінічних спостережень не призводить до специфічних змін стану здоров'я.

Для встановлення нормативних показників вмісту хімічного елемента в біозразках широке розповсюдження одержало застосування центильних шкал. Цей підхід дозволяє проводити статистичну обробку даних незалежно від розподілу вмісту хімічних елементів і враховувати багатofакторність впливу на обмінні процеси в організмі. При визначенні центилів (centile) одержані результати ділять на 100 частин (їх також називають іроцентиліями). Кількісний показник хімічного елемента виражають в мкг/г [8].

У результаті проведених досліджень [8] були встановлені межі стандартних центильних інтервалів, прийнятих при масових дослідженнях населення: 3, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 і 97 центилів. Як норму прийнято інтервал 25-й — 75-й центиль, як відповідний середній концентрації даного хімічного елемента в популяції. Значення, які знаходяться в інтервалі 10-й — 25-й і 75-й — 90-й центиль, розглядалися як відповідні стану передхвороби, а в інтервалі 0–10-й і 90-й — 100-й центиль — стану хвороби.

Об'єкти дослідження. Одержані клініко-аналітичні дані показали, що найкраще відображає мікроелементний статус організму в цілому концентрація мікроелементів у волоссі. Волосся, як біосубстрат для аналізу, має переваги в порівнянні з традиційними медичними об'єктами. Крім того, вміст мікроелементів у пробах волосся дає більш стійку (в часі) характеристику порівняно з їх рівнями в крові і сечі, які швидко змінюються у відповідь на зміни в харчуванні і навколишньому середовищі. Окрім того, відносно високий вміст багатьох хімічних елементів у волоссі полегшує проведення їх визначення [12].

Кількісний вміст хімічних елементів у волоссі визначають за допомогою аналітичного тесту МАВ (мультиелементний аналіз волосся). Волосся — це високоінформативний діагностичний субстрат, у ньому містяться практично всі хімічні елементи, які надходять в організм людини з їжею, водою і повітрям. Потрапляють хімічні елементи у волосся з кровоносних судин, які харчують клітини волоссної цибулини в період їх

## Наукові огляди

росту. Клітини, що сформувались, рухаються вздовж стовбура волосини, там висихають і роговіють. Їх елементний склад більше не змінюється. За один місяць волосина збільшується в середньому на 1 см. Фактично, у процесі росту по довжині волосини безперервно фіксуються всі зміни вмісту макро- і мікроелементів в організмі людини [13]. За допомогою МАВ можна виявити середній вміст елементів у волосі за весь період їх росту (відрізок часу визначається довжиною волосся, взятого на аналіз). МАВ не підміняє аналізу мікроелементів у крові чи сечі, а лише дає додаткову інформацію для діагностики. Наприклад, через 30–40 днів після отруєння Плюмбумом виявити його в сироватці крові уже неможливо, а завдяки МАВ визначають не тільки концентрацію елементів, але і час їх надходження в організм.

Елементний склад волосся хворих на інфаркт міокарда змінюється під впливом ксенобіотиків [14,15]. У волосі хворих, чії професії пов'язані з дією ксенобіотиків, виявлено вищий вміст Fe, Mn, Cu, Cr, Cd, Pb, Sr, Rb, K, Br і Cl. Майже у 2/3 обслідуваних (39 осіб хворих на інфаркт міокарда) рівень K і Sr перевищував максимально допустимі значення [16]. Результати досліджень свідчать про суттєву різницю в розподілі вмісту хімічних елементів у жінок та чоловіків. Вміст Al, Fe і Pb більший у волосі чоловіків, а Mg і Zn — у жінок. Значних різниць, зумовлених віком пацієнтів, не було виявлено [12]. Останнім часом визначення вмісту хімічних елементів у волосі людини все частіше використовується в судовій, клінічній, професійній і екологічній медицині. Волосся легше зібрати, транспортувати і зберігати. Середній вміст хімічних

Таблиця 2

**Середній вміст хімічних елементів у волосі, їх токсичні і летальні дози та найбільший вміст в органах**

№	Хімічний елемент	Міститься у волосі (мг/кг)	Токсична доза для людини	Летальна доза для людини	Найбільший вміст у:
1	Cu	7,5-80	> 250 мг		печінці
2	Ag	0,005-0,2	60 мг	1.3-6.2 г	
3	Ba	0.2-1.0			жовчі
4	In	50-400	150-600 мг	6 г	плазмі
5	Cd	0.35-2.43	3-330 мг	1.5-9 г	нирках, печінці
6	Hg	0.5-1.5	0.4 мг	150-300 мг	печінці, мозку
7	B	0.1-3.5 (7.5)	4 г		крові
8	Al	1-20	5 г		печінці
9	Be	0.005-0.01			
10	Ta	0.02		600 мг	нирках
11	Sn	0.05-1.5	2 г		
12	Pb	0.05-52	1 г	10 г	плоских кістках
13	As	0.005-0.5	5-50 мг	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -50-340 мг	волосі, нігтях, сечі
14	Bi	2			печінці, нирках
15	Cr	0.15-1.5	200	> 3 г	волосі
16	Se	0.2-1.8	5 мг		нирках
17	Mn	0.2-4.4	40 мг		
18	Mo		5 мг	50 мг	волосі
19	Fe	5-177	200 мг	7-35 г	печінці, нирках
20	Co	0.004-0.5	500 мг		сечі
21	Ni	0.02-1.0	50 мг		легенях
22	Li	0.01-0.25	92-200 мг		плазмі, сечі



елементів у волоссі, їх токсичні і летальні дози [1] наведені в таблиці 2.

Порушення обміну мікроелементів у хворих на серцево-судинні захворювання (ССЗ). Якщо вміст Se, Mn, Zn у плазмі крові у хворих на ІХС знижений, то це може призводити до порушення функції мембран кардіоміоцитів [7]. У той же час відзначено, що підвищення рівня мікроелементів у плазмі крові також призводить до ураження міокарда [2]. Існує зв'язок між дефіцитом Cu в крові і ризиком виникнення ІХС. Селен Se захищає міокард від кардіотоксичних речовин, ксенобіотиків і вірусів. Дослідження макро- і мікроелементів у осіб літнього і старечого віку, хворих на ІХС, показало, що є вікові особливості їх обміну (особливо в осіб старших за 80 років). Накопичення Fe і Zn у сироватці крові пов'язують із порушенням рецепторного механізму, що забезпечує їх надходження до клітин. У міокарді лівого шлуночка у хворих на ІХС виявлено знижений вміст Se, Rb, K; нормальний рівень Mn, Cu; помірно підвищений вміст Sr, Fe; різко підвищений вміст — Ni, Zn. Найбільший вміст Ni і Zn визначається в зоні гострого інфаркту міокарда і передінфарктній зоні [2]. Мікроелементний склад впливає на стан пуринового обміну з появою гіперурикемії, розвитком порушень електричної провідності серця, зміною його клапанного апарату і камер [4].

Виявлені позитивні кореляційні зв'язки між ступенем гіпертрофії лівого шлуночка і вмістом у ньому S, Fe, Sr, від'ємний кореляційний зв'язок між даним параметром і вмістом Cu. Також вказано на різний вміст хімічних елементів в обох шлуночках, особливо Zn, Mn, Fe, Ca [3]. Показано порушення обміну мікроелементів у хворих на стабільну стенокардію [5]. Дефіцити в організмі Ca, Mn, Fe, Zn, Cu, Mg, Se, Sr пов'язані зі збільшенням частоти розвитку ССЗ, хвороб ендокринної та нервової систем та органів дихання залежно від професійної належності [17], а також у хворих на остеоартроз [4]. Дисбаланс та акумуляцію мікроелементів порівнюють із проявами захворюваності за мікроелементограмами та елементограмами [12].

Отже, дослідження біологічної ролі хімічних елементів, з'ясування їх структури та механізму дії має велике значення для одержання нових ефективних лікарських засобів, опрацювання сучасних методів лікування та створення наукових рекомендацій щодо здорового способу життя людини.

**Висновки.** Для встановлення нормативних показників вмісту хімічного елемента в біозразках широке розповсюдження одержало застосування центильних шкал. Найкраще відображає мікроелементний статус організму концентрація мікроелементів у волоссі. Найбільш перспективними є методи аналізу, що дають можливість досліджувати одночасно великий спектр елементів, експресні і придатні для досліджень у крові, волоссі, сечі тощо. Систему визначення мікроелементного забезпечення організму за мікроелементограмами можна успішно використовувати для оцінки елементного статусу організму, вироблення стратегії і тактики

лікування мікроелементозів, а також при плануванні профілактичних заходів щодо запобігання і розвитку різного роду захворювань.

#### Список літератури

1. Калетина НИ. Токсикологическая химия. Метаболизм и анализ токсикантов. Учебное пособие для вузов. М.: ГЭОТАР — Медиа. 2007. 1008 с.
2. Окунева ГН, Чернявский АМ, Левичева ЕН, Логинова ИЮ, Волков АМ, Трунова ВА, и др. Содержание микроэлементов в миокарде левого желудочка больных ишемической болезнью сердца по данным рентгенофлюоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения. Кардиология. 2006; 10: 13–17.
3. Кливер ЕЭ, Окунева ГН, Левичева ЕН, Непомнящих ЛМ, Логинова ИЮ, Волков АМ, и др. Анатомические варианты транспозиции магистральных сосудов и их связь с содержанием химических элементов в желудочках сердца. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2008; 145 (5): 578–81.
4. Синяченко ОВ, Гомозова ЕА, Герасименко АМ. Изменения пуринового обмена и микроэлементного состава в организме больных ревматоидным артритом. Український ревматологічний журнал. 2008; 1 (31): 67–72.
5. Клименко ВІ. Особливості клініки та мікроелементного обміну у хворих на ішемічну хворобу серця в процесі тривалої ліпідознижуючої та гепатопротекторної терапії. Галицький лікарський вісник. 2006; (13) 4: 27–30.
6. Kiechl S, Willeit J, Egger Y, Poewe W. Body iron stores and risk of carotid atherosclerosis: prospective results from the Bruneck study. Circulation. 1997; 96: 3300–07.
7. Наконечная СА. Влияние оксигенированных алкил изонилфенолов на содержание микроэлементов в органах и тканях в подостром токсикологическом опыте. Экспериментальна і клінічна медицина. 2008; 2: 113–16.
8. Скальный АВ. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: ИД ОНИКС 21 век; 2004. 216 с.
9. Мороз АС. Медична хімія. Вінниця: Нова книга; 2006. 776 с.
10. Гжегоцький МР. Про референтні рівні цинку, міді, свинцю та кадмію у крові людини. АМЛ. 2007; XIII. 3: 81–84.
11. Лисецкая ЛГ. Методические подходы к определению микроэлементов в биосредах. Медицина труда и промышленная экология. 2003; 3: 635–38.
12. Рустембекова СА. Об измерении и интерпретации норм содержания основных химических элементов в волосах человека. Вестник новых медицинских технологий. 2011; (18) 3: 137–40.
13. Кириленко Е, Кириленко А, Лесник С. Мультиэлементный анализ волос: новые возможности диагностики. Ліки України. 2001; 12: 28–29.
14. Tager IB. The effects of second-hand and direct exposure to tobacco smoke on asthma and lung function in adolescence. Paediatr respire Rev. 2008; (9) 1: 29–37.
15. Song AV, Glantz SA, Halpern — Felsher BL. Perceptions of second-hand smoke risks predict future adolescent smoking initiation. Adolesc Health. 2009; Dec., (45) 6: 618–25.
16. Соломенчук ТМ, Фус Св. Елементний склад волосся хворих на інфаркт міокарда як індикатор впливу ксенобіотиків. Клінічна фармація, фармакотерапія та медична стандартизація. 2009; 1–2: 103–108.
17. Черкашина ЕВ, Думчева ВВ, Коршунов ГВ. Показатели содержания микроэлементов в волосах топографических рабочих. Клиническая лабораторная диагностика. 2007; 9: 87.

#### References

1. Kaletyna NY. Toksykologicheskaia khymia. Metabolizm u analiz toksykantov. Uchebnoe posobyie dlia vuzov [Toxicological

## Наукові огляди

- chemistry. Metabolism and analysis of toxicants. Textbook for universities.] M.: HleTAR — Medya. 2007. 1008 s. (in Russian).
2. Okuneva HN, Cherniavskiy AM, Levycheva EN, Lohynova YY, Volkov AM, Trunova VA, i dr. Soderzhanye mykroelementov v myokarde levoho zheludochka bolnikh yshemycheskoi bolezni serdtsa po dannum renthenoffluorestsentnoho analiza s yspolzovanyem synkhrotronnoho yzlucheniya [The content of trace elements in the myocardium of the left ventricle of patients with ischemic heart disease according to X-ray fluorescence analysis using synchrotron radiation]. Kardyolohyia. 2006; 10: 13–17. (in Russian).
  3. Klyver EI, Okuneva HN, Levycheva EN, Nepomniashchikh LM, Lohynova YY, Volkov AM, i dr. Anatomicheskiye varyanti transpozitsyy mahystralnykh sosudov y ykh svyaz s soderzhanym khymycheskykh elementov v zheludochkakh serdtsa [Anatomical variants of the transposition of great vessels and their connection with the content of chemical elements in the ventricles of the heart]. Biulleten eksperimentalnoi byolohyy y medytyny. 2008; 145 (5): 578–81. (in Russian).
  4. Syniachenko OV, Homozova EA, Herasymenko AM. Yzmeneniya purynovoho obmena y mykroelementnoho sostava v orhanyzme bolnykh revmatoydnykh artrytom [Changes in purine metabolism and microelement composition in the body of patients with rheumatoid arthritis]. Ukrainskyi revmatolohichnyi zhurnal. 2008; 1 (31): 67–72. (in Russian).
  5. Klymenko VI. Osoblyvosti kliniky ta mikroelementnoho obminu u khvorykh na ishemichnu khvorobu serdtsa v protsesi tryvaloi lipidoznyzhuiuchoi ta hepatoprotekornoї terapii [Features of the clinic and micronutrient exchange in patients with coronary heart disease in the process of prolonged lipid-lowering and hepatoprotective therapy]. Halytskyi likarskyi visnyk. 2006; (13) 4: 27–30. (in Ukrainian).
  6. Kiechl S, Willeit J, Egger Y, Poewe W. Body iron stores and risk of carotid atherosclerosis: prospective results from the Bruneck study. Circulation. 1997; 96: 3300–07.
  7. Nakonechnaia SA. Vlyanye oksyetylyrovannykh alkyl-y zozonylphenolov na soderzhanye mykroelementov v orhanakh y tkaniakh v podostrom toksykolohycheskom opyte [The effect of ethoxylated alkyl and isononylphenols on the content of trace elements in organs and tissues in the subacute toxicological experience]. Eksperimentalna i klinichna medytyna. 2008; 2:113–16. (in Ukrainian).
  8. Skalny AV. Khymycheskiye elementy v fyziolohyy y ekolohyy cheloveka [Chemical elements in human physiology and ecology]. M.: YD ONYKS 21 vek; 2004. 216 s. (in Russian).
  9. Moroz AS. Medychna khimii [Medical chemistry]. Vinnytsia: Nova knyha; 2006. 776 s. (in Ukrainian).
  10. Hzhhotskyi MR. Pro referentni rivni tsynku, midi, svyntsiu ta kadmiu u krovi liudyny [About reference levels of zinc, copper, lead and cadmium in human blood]. AML. 2007; KhIII. 3: 81–84. (in Ukrainian).
  11. Lysetskaia LH. Metodycheskiye podkhody k opredeleniyu mykroelementov v byosredakh [Methodical approaches to the determination of microelements in biomedica]. Medytyna truda y promushlennaia ekolohyia. 2003; 3: 635–38. (in Russian).
  12. Rustembekova SA. Ob yzmerenyy y ynterpretatsyy norm soderzhaniya osnovnykh khymycheskykh elementov v volosakh cheloveka [On the measurement and interpretation of the norms of the content of basic chemical elements in human hair]. Vestnyk novykh medytynskykh tekhnolohiy. 2011; T. KhVIII. 3: 137–40. (in Russian).
  13. Kyrylenko E, Kyrylenko A, Lesnyk S. Mulyeementnyi analiz volos: novie vozmozhnosti dyahnostyky [Multi-element hair analysis: new diagnostic options]. Liky Ukrainy. 2001; 12: 28–29. (in Ukrainian).
  14. Tager IB. The effects of second-hand and direct exposure to tobacco smoke on asthma and lung function in adolescence. Paediatr respire Rev. 2008; (9) 1: 29–37.
  15. Song AV, Glantr SA, Halpern — Felsher BL. Perseptions of second-hand smoke risks predict future adolescent smoking initiation. Adolesc Health. 2009; Dec., (45) 6: 618–25.
  16. Solomenchuk TM, Fus SV. Elementnyi sklad volossia khvorykh na infarkt miokarda yak indykator vplyvu ksenobiotykyv [Elemental composition of hair for patients with myocardial infarction as an indicator of the influence of xenobiotics]. Klinichna farmatsiia, farmakoterapiia ta medychna standartyzatsiia. 2009; 1–2:103–108. (in Ukrainian).
  17. Cherkashyna EV, Dumcheva VV, Korshunov HV. Pokazately soderzhaniya mykroelementov v volosakh topohrafycheskykh rabochykh [The content of trace elements in the hair of topographic workers]. Klynycheskaia laboratornaia dyahnostyka. 2007; 9:87. (in Russian).

**Відомості про автора**

Бедзай А. О. — здобувач, лікар-кардіолог комунального некомерційного підприємства «8-ма міська клінічна лікарня», м. Львів, Україна.

**Сведения об авторе**

Бедзай А. А. — соискатель, врач-кардиолог коммунального некоммерческого предприятия «8-ая городская клиническая больница», г. Львов, Украина.

**Information about the author**

Bedzai AO — postgraduate, cardiologist of the municipal non-profit enterprise "8-th City Clinical Hospital", Lviv, Ukraine.

*Надійшла до редакції 31.05.2019*  
*Рецензент — д.хім.н. Черноус В.О.*  
 © А.О. Бедзай, 2019