

# IRON CITRATE, OBTAINED ON THE BASIS OF AQUANANOTECHNOLOGY: CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS

Gulich M.P., Yemchenko N.L., Tomashevskaya L.A., Kaplunenko V.G., Yermolenko V.P.,  
Kosinov M.V., Kharchenko O.O., Moiseienko I.Ye., Yashchenko O.V.

## ЦИТРАТИ ЗАЛІЗА, ОТРИМАНІ ЗА АКВАНАНОТЕХНОЛОГІЄЮ: ХІМІЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКИ (ОЦІНКА ХІМІЧНОЇ ЧИСТОТИ ТА БІОДОСТУПНОСТІ)

**ГУЛІЧ М.П., ЄМЧЕНКО Н.Л.,  
ТОМАШЕВСЬКА Л.А.,  
КАПЛУНЕНКО В.Г.,  
ЄРМОЛЕНКО В.П.,  
КОСІНОВ М.В.,  
ХАРЧЕНКО О.О.,  
МОІСЕЄНКО І.Є.,  
ЯЦЕНКО О.В.**  
ДУ "ІГМЕ ім. О.М. Марзеєва",  
м. Київ  
УДК  
613.2:661:745:658.589:543.06  
**Ключові слова:**  
**аквананотехнологія,  
біогенні метали,  
карбоксилати, цитрат  
заліза, методичні підходи,  
хімічна чистота,  
біодоступність.**

Ця робота є продовженням серії публікацій результатів досліджень хімічних та біологічних характеристик цитратів біогенних металів [1], отриманих за допомогою аквананотехнології, і присвячена характеристиці хімічних та біологічних особливостей наноцитратів заліза.

Недостатність цього мікроелемента є одним з найпоширеніших порушень харчування в усьому світі. За оцінками спеціалістів, через неї страждають більше 3-х мільярдів людей [2].

Найбільш перспективним напрямком у вирішенні проблеми дефіциту заліза є збагачення ним продуктів харчування щоденного споживання, що дозволяє проводити корекцію раціону широким верствам населення [4]. Найчастіше збагачують залізом хліб і борошно, цукор, сіль, молоко і молочні продукти, суміші для дитячого харчування [2-4].

Загалом при збагаченні харчових продуктів мінеральними речовинами постає питання: в якому саме вигляді вони найбільш ефективні і не викликають жодних побічних явищ при збагаченні ними харчових продуктів. Ра-

ніше для цього використовували біометали у вигляді солей неорганічних кислот, проте внаслідок невисокої хімічної чистоти такі сполуки можуть стати джерелом контамінації внутрішнього середовища людини токсичними елементами, крім того, біодоступність їх невисока. Особливо гостро це питання стоїть для заліза, засвоюваність якого з харчових продуктів становить близько 11% [5].

Важливими факторами, що впливають на біодоступність заліза, є його розчинність, ступінь хелатування (закомплексованість) і валентна форма [6-8]. Відомо, що двохвалентне залізо всмоктується швидше і ефективніше [9, 10], а також більш ефективно у синтезі гема [11]. Тому можна очікувати, що біодоступність заліза підвищується при утворенні ним добре розчинних комплексів з органічними кислотами. Відомо, що аскорбінова, яблучна, винна, молочна і лимонна кислоти активують всмоктування заліза.

Найбільш перспективні для збагачення харчових продуктів комплекси біометалів з лимон-

*ЦИТРАТЫ ЖЕЛЕЗА, ПОЛУЧЕННЫЕ ПО АКВАНАНОТЕХНОЛОГИИ: ХИМИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА (ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ И БИОДОСТУПНОСТИ)*

*Гулич М.П., Емченко Н.Л.,  
Томашевская Л.А., Каплуненко В.Г.,  
Ермоленко В.П., Косинов М.В., Харченко О.О.,  
Моисеенко И.Е., Яценко О.В.*

*Исследованы растворы цитрата железа, полученные по аквананотехнологии. Отработаны и модифицированы методы определения железа (II), железа (III) и цитрат-ионов. Определены массовые соотношения между ионом металла и цитрат-ионом в "наноцитратах" и сопоставлены с величинами, полученными расчетным путем для обычных цитратов железа. Проведено сравнительное изучение биодоступности "наноцитратов" и сульфатов железа (II).*

*Оценена химическая чистота "наноцитратов железа". Показано, что с помощью аквананотехнологии получают цитраты более легко усвояемого железа, со временем переходящего в цитраты железа (III). Исследованные "наноцитраты" по химическому поведению не отличались от цитратов, полученных классическим способом. "Наноцитраты" железа (II) отличались большей биодоступностью по сравнению с его неорганической формой и большей химической чистотой по сравнению с обычными цитратами, что свидетельствует о целесообразности и перспективности обогащения ими пищевых продуктов.*

**Ключевые слова:** аквананотехнология, биогенные металлы, карбоксилаты, цитрат железа, методические подходы, химическая чистота, биодоступность.

© Гулич М.П., Ємченко Н.Л., Томашевська Л.А., Каплуненко В.Г., Єрмоленко В.П.,  
Косінов М.В., Харченко О.О., Моїсеєнко І.Є., Яценко О.В. СТАТТЯ, 2011.

**IRON CITRATE, OBTAINED ON THE BASIS OF AQUANANOTECHNOLOGY: CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS**

**Gulich M.P., Yemchenko N.L., Tomashevskaya L.A., Kaplunenko V.G., Yermolenko V.P., Kosinov M.V., Kharchenko O.O., Moiseienko I.Ye., Yashchenko O.V.**

Solutions of citrate of iron, got on aquanotechnology, are investigational. Exhaust and modified methods of determination of iron (II), gland (III) and citrate-ions. Mass betweenness by the ion of metal and citrate are certain — by an ion in "nanocitrates" and confronted with sizes, got by a calculation a way for the ordinary citrates of iron. The comparative study of bioavailability of "nanocitrates" and sulfates of iron is conducted

(II). The chemical cleanness of "nanocitrates of iron is appraised". It is rotined that on aquanotechnology get citrates more than easily assimilable iron, in course of time transitory in the citrates of iron (III). Investigational "nanocitrates" on a chemical conduct did not differ from citrates, got by a classic method. The "nanocitrates" of iron (II) differed greater bioavailability as compared to his inorganic form and greater chemical cleanness as compared to ordinary citrates, that testifies to expedience and perspective of enriching by them food products.

**Keywords: aquanotechnology, biogenic metals, carboxylates, iron citrate, methodical approaches, chemical pure, bioavailability.**

ною кислотою, оскільки остання синтезується в організмі людини і бере участь у циклі Кребса. Ці сполуки безпечні, більше того, вони позитивно впливають на серцево-судинну та імунну системи організму [12]. Вони дозволені до використання у харчовій промисловості, у тому числі і при виробництві продуктів дитячого харчування [13].

Проте цитрати, отримані методом хімічного синтезу, за хімічною чистотою не завжди відповідають гігієнічним вимогам до харчових інгредієнтів через наявність у них побічних продуктів хімічних реакцій. Так, цитрат заліза фірми Мерск містить до 0,5% амонію. Технології їх отримання трудомісткі, енерго- та матеріаловитратні. Як альтернативу хімічним методам синтезу сполук металів з органічними кислотами (зокрема, лимонною кислотою) запропоновано метод їх отримання за допомогою аквананотехнології [14]. Цей спосіб більш дешевий і дозволяє вийти на промислові обсяги виробництва. За аквананотехнологією утворюються цитрати біометалів високої чистоти, які вже не містять реакційнодатних наночастинок [15-17].

Як вже вказувалося [1], отримані за цією технологією розчинні цитратів — "наночитрати" є новим об'єктом і для хіміків-аналітиків, і для гігієністів та технологів-харчовиків. Вони не мають постійного складу, концентрація їх варіює у досить широких межах.

Методологію досліджень такого роду об'єктів вперше було розроблено нами на прикладі "наночитрату" цинку [1].

У даній роботі нашою метою було застосувати її для дослідження "наночитратів" заліза.

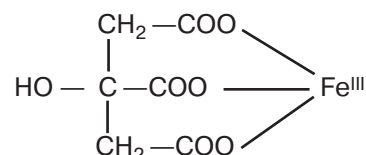
Згідно з розробленим нами алгоритмом дослідження необхідно було знайти аналоги цим сполу-

кам і ідентифікувати їх, а також встановити їхній склад і дослідити хімічну поведінку. З огляду на різну біодоступність сполук двохвалентного і трьохвалентного заліза встановити валентність заліза у наночитратах. В експерименті на тваринах необхідно було оцінити токсичність наночитратів заліза та їхню біодоступність порівняно з неорганічною формою заліза (сульфат заліза (II), а також встановити їхню хімічну чистоту. Для цього, у свою чергу, потрібно було обрати, опробувати і, за необхідності, модифікувати методи визначення складників наночитратів заліза та метод визначення заліза у біоматеріалах.

**Об'єктом дослідження** були розчинні цитрату заліза, отримані за аквананотехнологією розробниками методу ТОВ "Наноматеріали та нанотехнології", і сульфат заліза (II).

За аналог "наночитратів" взято цитрати заліза (II) і заліза (III), отримані шляхом хімічного синтезу. Цитрат заліза (III) є у каталогах фірми Merc і Aldrich. Вміст заліза у ньому — 19%, отже формула його —  $FeCit \cdot H_2O$ .

**Структурна формула:**



Валентність заліза у його дослідних "наночитратах" встановлювали за допомогою якісних реакцій. Так, на залізо (III) характерною є реакція з роданідом амонію (1% водний розчин), що супроводжується появою червоного забарвлення, а також утворення червоно-бурого осаду з NaOH; на залізо (II) характерною є реакція з о-фенантроліном (поява оранжевого забарвлення) або утворення слабкозеленоватого осаду за дії NaOH.

Встановлено, що свіжоотримані "наночитрати" містять виключно двохвалентне залізо, що можна було б передбачити, враховуючи, що наночастинки, отримані за методом [17], оточені шаром електронів. За місяць у розчинах було виявлено залізо (III), а ще за 2 місяці майже все залізо перебувало у трьохвалентному стані.

Таблиця 1

**Результати визначення заліза у "наночитратах"**

Зразок	Вміст заліза, мг/дм <sup>3</sup>			Процент заліза від загального, %	
	Fe II + Fe III	Fe III	Fe II	Fe III	Fe II
Fe <sub>1</sub>	680	544	136	80,0	20,0
Fe <sub>2</sub>	340	310	30	91,2	8,8
Fe <sub>3</sub>	220	218,5	1,5	99,3	0,7
Fe <sub>4</sub> (1 г/дм <sup>3</sup> )	470	266	204	56,6	43,4

Таблиця 2

**Результати оцінки стехіометрії цитратів заліза, отриманих за допомогою аквананотехнології**

Зразок	Вміст, мг/дм <sup>3</sup>		[Fe] : [Cit]	PH
	загального заліза	цитрат-іону		
Fe <sub>1</sub>	1495,9	9430	1:6,4	2,86
Fe <sub>2</sub>	333,3	3680	1:11	3,05
Fe <sub>3</sub>	389,8	2430	1:6,3	3,21
Fe <sub>4</sub> (1 г/дм <sup>3</sup> )	986,0	36880	1:35,4	2,82

**Методи дослідження.** У цих розчинах проведено також кількісне визначення цих форм заліза. Для визначення заліза у "наноцитратах" за основу взято відомий фотометричний метод з о-фенантроліном. При цьому вміст у пробах загального заліза (Fe (II) + Fe (III)) проводили за методикою ГОСТ 26928-86 [22] без пробопідготовки, але при розведенні розчинів "наноцитратів" у 10 разів. Загальне залізо визначали при додаванні у пробу відновника — гідроксиламіну, заліза (II) — без гідроксиламіну; заліза (III) — за різницею між тим і другим (табл. 1).

З представлених даних видно, що після 3-місячного зберігання у 3-х пробах майже все залізо (II) окислилося до заліза (III). Виняток становив зразок "наноцитрату". Баланс валентних форм заліза у його "наноцитратах" залежно від часу ілюструє рисунок.

Результати визначення у "наноцитратах" заліза масового співвідношення метал — ци-

стехіометрія комплексів у жодному з "наноцитратів" не відповідає теоретичній. У всіх розчинах є майже дво-триразовий надлишок лимонної кислоти. У зразку Fe<sub>4</sub> цей надлишок десятиразовий. Саме у цьому "наноцитраті" ступінь окислення двохвалентного заліза найменший (близько 50%). За такого надлишку лимонної кислоти, враховуючи високу активність наночастинок, можна бути впевненими у відсутності у досліджуваних розчинах вільних наночастинок заліза.

Загалом складові розчинів цитрату заліза, отриманих за допомогою аквананотехнології, у хімічних реакціях поведуться так само, як і складові звичайних, отриманих методом хімічного синтезу цитратів заліза (II) і заліза (III), а саме свіжоотримана сполука заліза з лимонною кислотою є класичним цитратом двохвалентного заліза, яке з часом окислюється розчинним у воді киснем повітря

до трьохвалентного стану і утворює відповідно цитрат заліза (III).

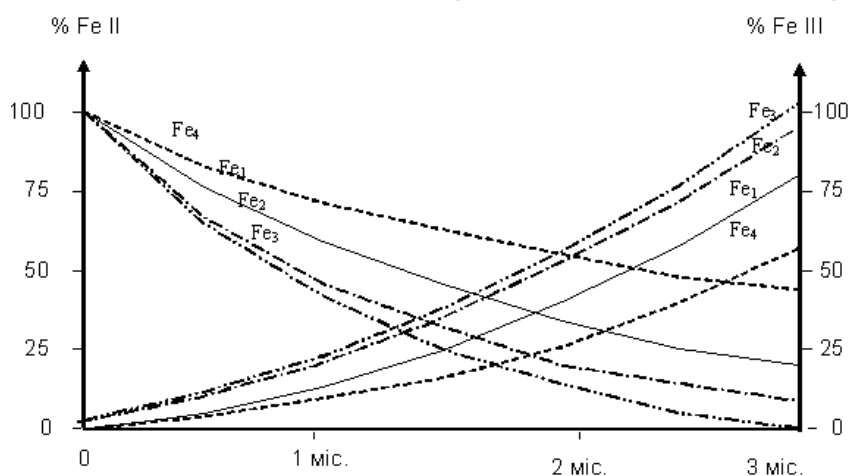
Для встановлення чистоти отриманих за аквананотехнологією розчинів цитрату заліза їх висушували за температури 105° С і аналізували на вміст домішок методом емісійного спектрального аналізу на спектрографі "ИСП-28". Сушу речовину поміщали у кратер графітового електроду діаметром 3,8 мм і глибиною 5 мм і спалювали в активованій дузі змінного струму. Час експозиції — до вигорання проби. Розшифрування спектрів здійснювали на спектропроекторі ДСП-1 за допомогою атласу спектральних ліній. Кадмій і свинець визначали у розчинах цитратів, отриманих за допомогою аквананотехнології, методом інверсійної вольтамперометрії за стандартною схемою (за методикою [19]). Результати перераховували на суху наважку (г/100 г наважки). Отримані результати наведено у таблиці 3.

Наведені дані свідчать, що у висушених зразках "наноцитратів" сторонні домішки присутні переважно у тисячних частках відсотка. Загальний вміст їх перебуває у межах 0,09-0,13%.

Вміст основної речовини у "наноцитратах" заліза становить 99,9%. Їхня кваліфікація за хімічною чистотою — "о.с.ч" — особливо чистий.

Чистота "наноцитратів" заліза вища, ніж цитрату заліза фірми Мерс, в якому вміст основної речовини дорівнює 98,45%. У цьому реактиві майже 0,5% амонію, тоді як у "наноцитратах" заліза його немає. Загалом вміст домішок у зразках сухих "наноцитратів" корелює з даними сертифі-

**Баланс валентних форм заліза у цитратах залежно від часу**



Рисунок

трат-іон представлено у таблиці 2. Також наведено рН цих розчинів.

Вміст заліза визначали за офіційною методикою [18], при цьому для нівелювання маскуючого впливу лимонної кислоти визначення проводили після сухого озолення проб, при буферуванні стандартних розчинів заліза лимонною кислотою. Вміст лимонної кислоти визначали методом ВЕРХ на рідинному хроматографі "Agilent Technologie 1200" з УФ-детектором при λ = 210 нм без пробопідготовки. Розраховане масове співвідношення між складовими "істинного" цитрату становить 1 : 3,4.

З представлених результатів можна зробити висновок, що

**Вміст домішок та основної речовини у зразках "наноцитратів" заліза**

Домішка	Вміст домішок у зразках, %			
	Fe <sub>1</sub>	Fe <sub>2</sub>	Fe <sub>3</sub>	Fe <sub>4</sub>
Si	0,005	<0,005	0,005	≈0,010
Mg	≈0,001	≈0,002	<0,002	<0,005
Al	≈0,005	<0,005	<0,005	<0,010
Cu	<0,001	<0,001	<0,005	≈0,005
Ca	0,010	0,005	0,005	0,020
Cr	<0,005	0,001	<0,005	≈0,005
Ti	0,001	<0,001	0,001	0,001
Mn	≈0,010	≈0,005	0,005	≈0,015
Ni	0,005	<0,005	<0,005	<0,001
As	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cd	0,001	0,001	0,001	0,001
Pb	0,005	0,002	0,002	0,002
Σ мет	0,055	0,033	0,041	0,072
Σ немет.*	0,055	0,055	0,055	0,055
Σ загальна	0,11	0,088	0,096	0,127
Основна речовина	99,89	99,91	99,90	99,87

Таблиця 3



кату якості на харчову лимонну кислоту, не перевищуючи їх. Можна припустити з високою вірогідністю, що забрудненість "наноцитратів" формується саме лимонною кислотою, оскільки для зразків "наноцитратів" заліза з більшим вмістом лимонної кислоти зафіксовано відносно менший вміст основної речовини і більший — домішок.

Найкращою формою для засвоєння організмом людини (отже і для збагачення харчових продуктів) є цитрат заліза (II). Найвищий відсоток такого заліза міститься у свіжоприготованому "наноцитраті". Саме такий цитрат концентрації 1 г/дм<sup>3</sup> було рекомендовано для подальшого дослідження. Оскільки згідно з сучасними вимогами продукти, отримані за допомогою нанотехнологій, мають бути дослідженими на токсичність, нами було зроблено спробу оцінити гостру токсичність цього цитрату заліза (II) в експерименті на білих мишах шляхом щоденного (протягом 12 днів) внутрішньошлункового введення "нативних" розчинів по 0,5 мл семи білим мишам масою тіла 30 г, що перевищує добову потребу у ньому у 70 разів. У перерахунку на дозу це становить 16,6 мг/кг. Під час спостереження за тваринами фіксували загибель, загальний стан, особливості поведінки, інтенсивність та характер рухової активності порівняно з контрольною групою, тварини якої отримували дистильовану воду по 0,5 мл. У групі тварин, яким вводили цитрат заліза, миші були млявими, малорухливими, скуйовдженими, з ознаками асфіксії. Крім того, у цей період спостерігали ціаноз шкіри та слизових оболонок, порушення координації рухів, втрату орієнтації, загальмованість, прискорене поверхневе дихання. Сумарна доза за 49,8 мг/кг викликала 15% загибель мишей, доза 149,5 мг/кг — 40%. Отже, при послідовному введенні в організм мишей наноцитрат заліза проявляє токсичну дію, але у дозі, що набагато перевищує добову потребу організму у залізі.

Ця дія, очевидно, зумовлена накопиченням заліза в органах і тканинах організму піддослідних тварин.

Порівняльне дослідження біодоступності заліза, що надходить до організму у вигляді його "наноцитрату" та сульфату (FeSO<sub>4</sub>) проводили на 3-х групах білих мишей по 7 тварин у кожній. Перша з них отримувала протягом 14 днів внутрішньошлунково "наноцитрат" заліза (II) у дозі, що відповідає добовій потребі людини, друга — аналогічно сульфат заліза (II) (у такій самій дозі). Контрольна група мишей перебувала на загальноживарному раціоні. Їм замість розчинів солей металів вводили внутрішньошлунково еквівалентну кількість води.

Після забивання тварин проводили визначення заліза у крові і печінці та селезинці після їх сухого озолення за офіційним фенантроліновим методом (табл. 4).

В усіх дослідних зразках вміст заліза був достовірно вищим, ніж у контрольних. Приріст його для "наноцитрату" заліза становив у крові 63,6%, у печінці — 49,4%, у селезинці — 24,6%. У мишей, що отримували сульфат заліза, вміст заліза у крові збільшився на 39,7%; у печінці — на 23,5%; у селезинці — на 15,2%.

Відмінність у вмісті заліза, що надходило із "наноцитратів" та з його неорганічної форми, достовірно відрізнявся для крові і печінки. Для селезинки ця відмінність недостовірна, проте вона склала близько 10%. Таким чином, представлені дані свідчать про більшу біодоступність заліза "наноцитратів" порівняно з неорганічною формою заліза (його сульфатом).

#### Висновки

Встановлено, що за допомогою аквананотехнології отримують "наноцитрати" заліза (II), які з часом переходять у "наноцитрати" заліза (III). Як перші, так і другі близькі за стехіометрією цитратам заліза відповідної валентності, отриманим класичним методом, не відрізняються від них хімізмом і реакційною здатністю, отже можуть викори-

стовуватися у харчовій промисловості. Показано, що "наноцитрати" заліза більш хімічно чисті порівняно з відповідними цитратами, отриманими методами хімічного синтезу, що випускаються в якості хімічних реактивів.

Результати оцінки гострої токсичності, проведеної на білих мишах, свідчать, що при послідовному введенні в організм тварин "наноцитрат" заліза проявляє токсичну дію у дозі, яка набагато (у 70 разів) перевищує добову потребу організму у залізі. При цьому біодоступність заліза (II) у складі його "наноцитрату" була вищою, ніж біодоступність його неорганічної форми — сульфату заліза (II). Вищенаведене свідчить про доцільність і перспективність використання наноцитрату заліза для збагачення цим мікроелементом харчових продуктів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Цитрат цинку, отриманий за аквананотехнологією: хімічна та біологічна характеристики (оцінка хімічної чистоти та біологічної доступності) / М.П. Гуліч, Н.Я. Ємченко, Л.А. Томашевська, В.Г. Каплуненко, В.П. Єрмоленко, М.В. Косінов, О.О. Харченко, І.Є. Моїсеєнко, О.В. Яценко // Довкілля і здоров'я. — 2011. — № 2. — С. 45-49.
2. Гурвич М.И. Обогащение пищи железом как профилактика его дефицита / М.И. Гурвич // Вопросы питания. — 1975. — № 4. — С. 3-8.
3. Сарбулов Ю.С. Обогащение пищевых продуктов железом / Ю.С. Сарбулов, Н.А. Болотов // Вопросы питания. — 1980. — № 4. — С. 56-59.
4. Estimation of the bioavailability of iron / J.C. Fritz, G.W. Pla, B.N. Harrison, G.A. Clark // J. Amer. G. Clin. Nutr. — 1975. — Vol. 58. — P. 902.
5. Войнар А.О. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека / А.О. Войнар. — М.: Сов. наука, 1953. — 273 с.
6. Clydesdale Lee K., Quantitative Determination of the Elemental, Ferric, Soluble and Complexed iron in Foods / Lee K. Clydesdale // G. Of Food Science. — 1979. — Vol. 44. — № 2. — P. 549-554.
7. Brise H. Effect of ascorbic acid on iron absorption / H. Brise, L. Hallberg // Acta medica Scand. — 1962. — Vol. 171, Suppl. 376. — P. 51.
8. Selection of iron sources for cereal enrichment / B.N. Harrison,

Таблиця 4

#### Результати визначення біодоступності "наноцитрату" заліза

Група мишей	Вміст заліза (M±m), мг/кг		
	Кров	Печінка	Селезінка
Отримувала "наноцитрат" заліза	342 ± 9,7	127 ± 7,9	172 ± 6,8
Отримувала сульфат заліза	292 ± 10,3	105 ± 8,9	159 ± 10,1
Контрольна (отримувала воду)	209 ± 11,0	85 ± 8,1	138 ± 7,5

G.W. Pla, G.A. Clark, J.C. Fritz // Acta Medica. Scand. — 1976. — Vol. 53. — P. 78.

9. Forth W. Iron absorption / W. Forth, W. Rummel // Physiol. Rev. — Vol. 53. — P. 724.

10. Ноздрюхина Л.Ф. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека / Л.Ф. Ноздрюхина. — М., 1977. — 182 с.

11. Zomurdal C.B. Breastfeeding and formulas: the role of lactoferrin / C.B. Zomurdal, L.G. Hallberg, N. Asp // Iron nutrition in health and disease. G. Ed. — London: Gohn Libbey & Co, 1996.

12. Новинюк Л.В. Цитраты — безопасные нутриенты // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. — 2009. — № 3 — С. 70-71.

13. Гигиенические требования по применению пищевых добавок: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПин 2.3.2. 1293-03. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. — 416 с.

14. Патент України № 37412. Спосіб отримання екологічно чистих наночастинок електропровідних матеріалів "Електроімпульсна абляція" МПК В01 2/02. Опубл. 25.11.2008. Бюл. № 22.

15. Патент України № 39397. Надчистий водний розчин нанокорбоксилату металу. МПК (2009) С07С 51/41; С07F 5/00; С07Т 15/00; С07С 53/00. Опубл. 25.02.2009. Бюл. № 4.

16. Патент України на корисну модель № 38391. Спосіб отримання карбоксилатів металів "Нанотехнологія отримання карбоксилатів металів" // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2006): С07С 51/41, С07F 5/00, С07F 15/00, С07С 53/126 (2008.01), С07С 53/10 (2008.01), А23L 1/00, В82В 3/00. Опубл. 12.01.2009. Бюл. № 1/2009.

17. Патент України на корисну модель № 49049. Надчистий нанокорбоксилат // Косінов М.В., Каплуненко В.Г. / МПК (2009): С07С 51/41, С07F 5/00, С07F 15/00, С07С 53/00, В82В 3/00. Опубліковано 12.04.2010. Бюл. № 7/20.

18. ГОСТ 26928-86. Продукты пищевые. Метод определения железа. — М., 1986.

19. МВВ № 081-12/05-98. Методика выполнения измерений содержания кадмия, свинца, меди в водных растворах инверсионными электрохимическими методами. — Санкт-Петербург, 1998.

Надійшла до редакції 26.07.2011.

## INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON MALE REPRODUCTIVE SYSTEM

Biletska E.N., Onul N.M.

## ВПЛИВ ФАКТОРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЧОЛОВІЧУ СТАТОВУ СИСТЕМУ



**БІЛЕЦЬКА Е.М.,  
ОНУЛ Н.М.**

Дніпропетровська державна медична академія

УДК 504:616.69

*ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА МУЖСКУЮ ПОЛОВУЮ СИСТЕМУ*

*Белецкая Э.Н., Онул Н.М.*  
*В статье приведены современные данные литературы о влиянии неблагоприятных факторов окружающей среды различной этиологии на репродуктивную систему мужчин. Показано, что наиболее распространенные химические вещества — пестициды, диоксины, загрязнители атмосферного воздуха и тяжелые металлы наряду с такими физическими факторами, как ионизирующее и неионизирующее излучения, гипертермия, шум и вибрация, принимают активное участие в этиопатогенезе развития различных морфофункциональных нарушений половой сферы современных мужчин, заболеваний репродуктивной системы, вплоть до развития бесплодия.*

трімке зростання чисельності населення Землі та його суттєві диспропорції у різних регіонах світу на фоні значного зниження народжуваності у країнах Європи стали провідною проблемою суспільства, а тому на Міжнародній конференції 1994 року у Каїрі під егідою Організації Об'єднаних Націй (ООН) було прийнято акт про репродуктивне здоров'я людини як головного пріоритету для національних програм охорони здоров'я [1]. Особливу увагу Всесвітня Організація Охорони Здоров'я (ВООЗ), провідні вчені та наукова спільнота загалом звернули на проблему суттєвого погіршення чоловічого репродуктивного здоров'я, адже за 50 років коефіцієнт фертильності знизився в 1,5 рази, погіршилися кількісні та якісні характеристики сперми: об'єм еякуляту зменшився майже на 24%, концентрація гамет — на 42% [2, 3], а швидкість зниження концентрації сперматозоїдів становить 2% на рік [4].

Більшість авторів пов'язує погіршення сперматогенезу та збільшення інших патологічних станів репродуктивної системи чоловіків з впливом антропогенних забруднювачів довкілля [3, 5], свідченням чого є зниження концентрації сперматозоїдів переважно у чоловіків промислово розвинутих країн Європи та Америки порівняно з мешканцями країн Азії та Африки.

Серед усіх шкідливих факторів навколишнього середовища найбільшу групу становлять хімічні, яким і приділяється увага вчених світу. Для більшості антропогенних забруднювачів характерні гонадо- та ембріотоксична дії через наявність властивостей ендокринних деструкторів, які викликають порушення нейрогуморальних та ендокринних функцій організму [6]. Слід зазначити, що серед 12 найнебезпечніших репротоксикантів, так званої "брудної дюжини", визнаної спеціальною Асамблеєю ВООЗ у 1997 р., — пестициди (дихлордифенілтрихлорметан

© Білецька Е.М., Онул Н.М. СТАТТЯ, 2011.