

МЕДИЦИНА

УДК 615.22+615.274:616.127-092.9-02:615.33.099

■ Чекман І.С., д.м.н., проф., зав. каф. фармакол. з курсом клін. фармакол., чл.-кор. НАН і АМН України

■ Лабораторія електронно-променевої нанотехнології неорганічних матеріалів для медицини Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України та Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця МОН України, м. Київ

НАНОНАУКА, НАНОМЕДИЦИНА, НАНОФІТОЛОГІЯ: ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ

Кінець ХХ століття ознаменувався видатним відкриттям – частинки розміром 1 нанометр (10⁻⁹) проявляють інші фізичні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні властивості, ніж мікро- та макрочастинки [9, 17, 18, 43, 54]. Вчені світу розпочали інтенсивні дослідження з вивчення впливу таких наночастинок на організм людини і зовнішнє середовище. Розпочалась ера нанонауки, нанотехнологій, наномедицини. Ці слова увійшли в сучасну наукову термінологію [6, 8, 19, 21, 31, 34, 53].

Впровадження нанотехнологій у різni галузі народного господарства, у тому числі обчислювальну і мікрохвильову техніку, сонячні батареї, радіозв'язок, радіодіагностику, радіонавігацію, молекулярну біологію, медичні технології, контроль навколошнього середовища, створення нанореволюцією ХXI століття і наслідки її будуть більш значущими, ніж досягнення людства в освоєнні космосу, комп'ютеризація діяльності людини у другій половині ХХ століття [6, 38, 40, 62].

Нанонаука (Nanoscience: папос – з грецької – карлик, гномик, science – наука, система знань) – нова галузь науки та виробництва, що вивчає фізичні, фізико-хімічні, біологічні, фармакологічні, токсикологічні властивості

наночастинок розміром до 100 нм, можливість їх синтезу за допомогою сучасних нанотехнологій та застосування у різних галузях народного господарства, медицини, фармації. Нанорозмірами визначають величини від 1 до 100 нанометрів, від 100 до 1000 нанометрів – мікророзмірами, а більше 1000 нанометрів визначаються як макрометри. Величини менше одного нанометра визначаються в ангстремах.

Проаналізувавши в Інтернет кількість друкованих наукових робіт, присвячених дослідженням в галузі нанонауки на кінець липня 2008 року, можна зробити висновок, що інтенсивність дослідження значно збільшилась за останні 2 роки (табл. 1).

На 1.08.2008 року, за даними Інтернет, у світовій літературі налічувалось 1353 публікацій з нанонауки, з яких 941 – за останні 2 роки. В дійсності кількість робіт з нанонауками значно більша, тому що не всі публікації цитуються в Інтернет. Перша публікація з нанонауки надрукована у 1998 році. За даними Інтернет, на 1.08.2008 р. кількість публікацій з наномедицини становила 720 робіт, з яких 664 статті надруковані за останні 2 роки, а першу публікацію читачі мали можливість прочитати у 1999 році.

Таблиця 1

Кількість друкованих робіт з нанонауки за даними Інтернет

Напрямки нанонауки	Всього наукових статей	Наукові статті до 2006 р.	Наукові статті 2006-2008 рр.	Рік першої публікації
Нанотехнології (Nanotechnology)	14512	6302	8210	1991
Нанонаука (Nanoscience)	1353	412	941	1998
Наномедицина (Nanomedicine) Нанофармакологія (Nanopharmacology)	720	56	664	1999
Нанобіотехнології (Nanobiotechnology)	378	180	198	2000
Наноелектроніка (Nanoelectronics)	201	82	119	1991
Нанобіологія (Nanobiology)	126	22	104	1994
Нанофізіологія (Nanophysiology)	43	14	29	1999
Нанотоксикологія (Nanotoxicology)	33	5	28	2004

Менше наукових досліджень з таких галузей як нанобіотехнологія (378 статей), наноелектроніка (201 статтей), нанобіологія (126 статей). Розпочалися дослідження з нанофізіології (43 статті) і нанотоксикології (33 статті).

"Нанотехнологія – це дослідження і технологічні розробки на атомарному, молекулярному або макромолекулярному рівнях у шкалі розмірів приблизно від 1 до 100 нм, що проводяться для одержання фундаментальних знань про природу явищ та властивостей різних матеріалів в наношкалі, а також для створення і використання структур, приборів і систем, які набувають нових якостей завдяки своїм маленьким розмірам. Нанотехнологічні дослідження та розробки включають підконтрольні маніпуляції з нанорозмірними структурами, їх інтеграцію у більш великі компоненти, системи і архітектури". Таке визначення нанотехнологій наводять спеціalisti державної програми США "Національна нанотехнологічна ініціатива", яка створена у 2000 році для консолідації досліджень в новій галузі науки – нанотехнології [43].

Видатний український учений-фізик, академік НАН України Б.О. Мовчан, один із авторів електронно-променевої технології отримання наночастинок, дає таке визначення нанотехнології: "Нанотехнологія – сукупність наукових знань, способів і засобів, направленого, регульованого складання (синтезу) із окремих атомів і молекул різних речовин, матеріалів та виробів з лінійним розміром елементів структури до 100 нм (1 нм = 10⁻⁹ м; 1 нм = 10 Å)" [11].

Верхня межа розмірів структур та елементів досить умовна, а нижня визначається розмірами молекул та атомів. Число атомів в об'ємі такого елемента певної фізичної чи хімічної структури наближається до числа атомів на його поверхні. Поверхнева енергія наближається до об'ємної. Саме поверхневі атоми істотно впливають на фізичні, хімічні, біологічні, лікувальні та токсичні властивості матеріалів взагалі, та наночастинок зокрема [14, 20].

Наноматеріали характеризуються не тільки малими розмірами (менше 10-8), але й іншими фізичними властивостями: електричними, магнітними, оптичними, складною внутрішньою організацією, властивістю до надзвичайно цільної упаковки атомів, вираженою взаємодією з сусідніми структурами. Змінюються хімічні властивості, зокрема, швидкість та якість хімічних реакцій з іншими молекулами. Не менш важливо, що вплив на організм людини, участь у біохімічних реакціях організму також мають свої особливості. Властивості твердих тіл змінюються зі зменшенням їх розмірів [42, 44, 50, 61, 65]. Це відкриває можливість створення нових матеріалів для народного господарства та медици-

ни не за допомогою хімічної взаємодії речовин, а внаслідок нових нанотехнологій.

Вперше термін "нанотехнології" запровадив у 1974 в доповіді "Про концептуальні основи нанотехнологій" на міжнародній конференції "International Conference on Precision Engineering" японський фізик Норіо Танігучі, запропонувавши називати структури розмірами від 1 до 100 нанометрів "наночастинками" та методи їх отримання нанотехнологіями [59].

Одним із практичних результатів нанотехнологій є наномедицина та нанофітологія. Наномедицина (Nanomedicine) досліджує можливість застосування нанотехнологічних розробок у медичній практиці для профілактики, діагностики і лікування різних захворювань з контролем біологічної активності, фармакологічної та токсикологічної дії отриманих продуктів чи медикаментів.

Нанофітологія (Nanophytology, папос – з грецької – карлик, гномик, phyto – з грецької – рослина, пагін, logos – наука) – наука, що вивчаєnanoструктури рослин, вплив їх на організм людини чи тварини та застосування продуктів нанотехнологій рослинного походження для діагностики, профілактики та лікування різних захворювань. Спеціальні публікації з нанофітології в Інтернет поки-що відсутні.

Аналіз розмірів біологічних об'єктів, молекул вітамінів та фізіологічно активних речовин рослин свідчить, що фізіологічно активні речовини рослин нанорозмірні (табл. 2). Так молекула атропіну має розмір 5 нм, дигоксіну – 2,6 нм, хлорофілу – 1,1 нм, фруктози – 0,8 нм. Вітаміни, що містяться в рослинах, знаходяться у нижніх межах нанорозмірів. Ергокальциферол має розмір 1,8 нм, кверцетин – 1,2 нм, фолієва кислота – 1,1 нм, ретинол – 1 нм. Розміри амінокислот, що містяться в рослинах, знаходяться в діапазоні менше 1 нм. Найбільша амінокислота триптофан має розмір 0,9 нм, а найменша – гліцин – 0,42 нм. Інші амінокислоти займають проміжне положення [5, 17].

Перші дослідження в області нанотехнологій, що почали розвиватися в кінці ХХ століття і дозволили закласти основу для принципово нових науково-технічних і практичних розробок в різних галузях народного господарства, у тому числі в електроніці, ракетобудуванні, біології, медицині, фармакології, фармації, генетичній інженерії, технологіях зв'язку та роботехніці. Це зумовлено тим, що мініатюризація забезпечує ефективні та більш швидкі функціонування механічних, хімічних та біологічних компонентів. Результати проведених досліджень показали наявність у частинок з нанометричними розмірами інших властивостей у порівнянні з макрооб'єктами. Завдяки маленькому розміру, наночастинки можуть проникати безпосередньо через шкіру, органи дихання, травлення, отвори клітинних мембр-

Таблиця 2

Розміри біологічних об'єктів, молекул вітамінів та фізіологічно-активних речовин рослин

Об'єкт	Розміри (нм)
Лейкоцит (нейтрофіли)	10.000-15.000
Еритроцит	8.000-10.000
Ядро клітини	4.000-40.000
Мітохондрія	1.500-2.000
Ракові клітини	400-500
Бактерій	330-1.000
Бактеріофаг	120-150
Віруси	100-200
Ліпосоми	50
Гранули глікогену в печінці	30
Рибосоми	15-20
Антитіла	10
Альбумін (білок яйця)	9
Гемоглобін	7
Мембрана клітини (товщина)	6-10
Атропін	5
Фібриноген	5
Дигоксін	2,6
Молекула ДНК (діаметр)	2,5
Інсулін	2,2
Ергocalьциферол	1,6
Кверцетин	1,2
Фотієва кислота	1,1
Хлорофіл рослин	1,1
C60 фулерени	1,0
Ретинол	1,0
АТФ	0,95
Стеаринова кислота – C17H35CO2H	0,87
Фруктоза	0,8
Ацетилхолін	0,8
Триптофан	0,9
Гліцин	0,42
Молекула води	0,3
Молекула кисню	0,12
Молекула азоту	0,11
Атом водню	0,1

ран або через клітинні транспортні механізми і розподіляються по всьому організму [3, 10, 12, 22, 32, 36, 47, 48].

Особливості дії на організм людини наночастинок зумовлені зміною їх фізичних та фізико-хімічних властивостей. До таких можна віднести той факт, що у наночасток більшість атомів знаходяться на поверхні наноструктури, що зумовлює їх більш виражену активність завдяки можливості легко проникати через мембрани в організм людини. Це дозвільно назвати як „феномен активності по-

верхневих атомів наноматеріалів”. Наступним феноменом є зміна термодинамічних властивостей наноструктур та збільшення поверхневої енергії нанорозмірних матеріалів. Відомо, що поверхневий натяг і поверхнева енергія наночастинок вносить істотний внесок в їх різнообічні властивості і залежить від розміру частинок. У наночастинках виникають фази, які не існують у даній речовині при ненановому (масивному) стані [20, 14].

У нанокристалів у порівнянні зі звичайними металами розмірами речовини є зміни

виду та меж фонового спектра, функції розподілу частот атомних коливань, що в науковій літературі називають „функція розподілу частот” [5, 69]. [45]. Змінюються магнітні та оптичні властивості наночастинок, що формують особливості їх впливу на організм людини, взаємодію з навколошнім середовищем [5, 17, 18, 44, 58].

У грудні 2009 року виповнюється 50 років, відколи американський вчений-фізик, лауреат Нобелівської премії Ричард Фейнман на щорічному засіданні Американського фізичного товариства зробив доповідь-лекцію: „Внизу багато місця: запрошення увійти в нову область фізики” (There is plenty of room at the bottom: an invitation to enter a new field of physics. Точний переклад українською мовою: „Є надмір місця на дні – запрошення увійти в нову область фізики”). Це фактично було перше науково обґрунтоване дослідження, що закликало вчених і практиків світу розпочати вивчення наночастинок [24].

Суттєвий внесок у методику вивчення наночастинок зробили вчені з Цюріхської дослідницької лабораторії IBM Герд Біннінг і Гейнріч Роггер, які у 1981 році скануючий і впровадили у наукові дослідження принципово новий скануючий тунельний мікроскоп (Нобелівська премія за 1986 рік). Такий мікроскоп дозволяє розглядати структури атомного розрішення (до 0,1 нм) та проводити дослідження розмірів наночастинок.

Після виходу у світ у 1986 році книги: „Машини творення: прихід ери нанотехнологій” співробітника Массачусетського технологічного інституту (відомого як МТІ) США К. Е. Дрекслера розпочинаються інтенсивні дослідження з нанонауки, нанотехнологій та наномедицини [38].

За цей період ученими світу розроблені такі наноматеріалами: фуллерени, ліпосоми, дендримери, наносфери, наностержні, наноплівки, нанотрубки, нанокомпозити, нанокриати, нанодротинки, нанопорошки, нанороботи, нанокапсули, нанобіосенсори, нанопристрої, нанобіоматеріали, наноструктурні рідини (колоїди, міцели, гелі, полімери), нанопрепарати, засоби захисту від куль (спеціальні жилети) та інші [5, 23, 27, 33, 39, 52, 63].

За останні роки значно збільшується фінансування наукових досліджень в області нанотехнологій, а також кількість патентів, що реєструються в різних країнах світу. На 2008 рік Конгрес США виділив близько 1,5 млрд. доларів на розвиток нанотехнологій. Значні кошти виділяють Росія, Японія, країни Євросоюзу [30, 43].

Бурхливий розвиток нанотехнологій, впровадження їх результатів у практичну діяльність людини, а також поява значної кількості публікацій з цієї тематики сприяли організації нових журналів. На сьогодні випускаються такі спеціальні журнали з нанонауки: “Journal Nanoscience Nanotechnology”,

“National Nanotechnology”, “Nano Letters”, “Nanomedicine”, “Small”, “Lab Chip”. “Langmuir”, “IEE Proc. Nanobiotechnology”, де публікуються наукові статті з нанорозробок. Наукові статті з результатами досліджень з різних питань нанонауки друкуються в інших журналах.

Дослідники багатьох країн світу починають застосовувати розробки з нанотехнології в різних галузях народного господарства, у тому числі і медицині, з метою синтезу нових лікарських засобів та розвитку в подальшому раціональної фармакотерапії. Зокрема у таких галузях медицини, як онкологія, генетика, радіологія, кардіологія, неврологія, офтальмологія, дерматологія і токсикологія; розробляються методи створення вакцин на основі нанотехнологій [2, 26, 35, 46, 51, 56, 57].

У зв’язку з інтенсивним розвитком досліджень з нанотехнології практично в усіх країнах світу створені спеціальні лабораторії, центри, інститути, де досліджуються різні аспекти таких нанотехнологій. У США у 2000 році створений науковий центр: „Національна Нанотехнологічна Ініціатива”, в Японії – Нанотехнологічний Центр, у Росії „Комітет з нанотехнологій” при президентові країни.

У Україні Національною академією наук розроблена комплексна програма з нанотехнологій, до виконання якої заочені різні наукові установи держави. Такі дослідження проводяться в Інституті металофізики (дир. – акад. НАН України А.П. Шпак), у НТК „Інститут монокристалів” (дир. – акад. НАН України В.П. Семіноженко), Інституті біохімії ім. О.В. Палладіна (дир. – акад. НАН України С.В. Комісаренко) та інших.

Інститутом хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України спільно з вітчизняними науково- медичними закладами розроблено, досліджено та впроваджено у медичну практику новий препарат сорбційно-детоксикаційної дії “Сілікс” на основі нанокремнезему. Його основу становить високодисперсний кремнезем (діоксид кремнію, SiO₂) у вигляді сферичних непористих аморфних частинок розміром ~ 10 нм. Нанодисперсний аморфний кремнезем є субстанцією для одержання ентеро- та аплікаційних сорбентів. На кафедрі фармакології та клінічної фармакології Національного медичного університету ім. О. О. Богомольця спільно з Інститутом хімії поверхні НАН України ім. О.О. Чуйка проводяться дослідження з розробки нових лікарських препаратів на основі нанодисперсного кремнезему. Зокрема, встановлено, що суспензія високодисперсного кремнезему зменшує токсичність таких сполук як натрію фторид і натрію нітрат а також протитуберкульозних препаратів: ізоніазиду, піразинаміду, етамбутолу, які різняться механізмом негативного впливу на організм і хімічною структурою [13, 15, 27].

У міжнародному центрі електронно-променевих технологій Інституту електрозварю-

вання ім. Є.О. Патона (наук. керівник акад. НАН України Б.О. Мовчан) тривалий час проводяться дослідження з розробки сучасної електронно-променевої нанотехнології отримання наночастинок металів, результати яких впроваджені у авіаційну промисловість, космічну галузь, а в останні роки і медицину [11]. У січні 2008 року створена спільна лабораторія Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона та Національного медичного університету ім. О.О. Богомольца з розробки нових нанопрепаратів. Проведеними дослідженнями встановлено, що наночастинки оксидів міді і срібла проявляють більш виражену протимікробну дію, ніж оксиди цих металів звичайних розмірів [12, 26].

Інститут молекулярної біології і генетики (дир. – акад. НАН України Г.В. Єльська) відомий дослідженнями по створенню біосенсорів, розроблених на основі нанотехнологій. В Інституті експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.С. Кавецького (дир. – акад. НАН України В.Ф. Чехун) спільно з Міжнародним центром електронно-променевих технологій Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона (дир. – акад. Б.С. Патон) проводяться дослідження з розробки нових протипухлинних препаратів на основі сучасних нанотехнологій [3].

Майже 50 років провадяться дослідження з нанотехнологій в Інституті загальній та неорганічної хімії ім. В. Вернадського НАН України (дир. – акад. НАН С.В. Волков). У цій науковій установі розроблена технологія синтезу „дрібнодисперсних систем сажі”, яку пізніше назвали нанотрубки, а також методику розчинення металів у полімерному середовищі, що згодом почали застосовувати у магнітному записі інформації та хімічних засобах одержання наночастинок [1].

Першим вітчизняним препаратом з ліпосомами є ліпін – сумісна розробка Інституту фармакології і токсикології АМН України (дир. – д.м.н., проф. Т.А. Бухтиярова) та Харківського фармацевтичного підприємства «Біолік». Основним компонентом препарату є нанокапсули фосфатидилхоліну, який є природним компонентом біомембрани. Препарат проявляє антигіпоксичну дію, пригнічує процеси перекисного окиснення ліпідів, підвищує неспецифічний імунітет, при комбінованому застосуванні сприяє кращому проникненню активних компонентів медикаментів в уражену патологічним процесом клітину [29].

Механізми лікувального та токсичного впливів наночастинок на організм людини, дію на навколошне середовище вивчені недостатньо. Ще менше досліджень з нанотоксикології [31, 37, 41, 45, 49, 55, 60]. Українські вчені мають великий досвід вивчення загальнобіологічних, медичних і фармакологічних властивостей, а також токсичного впливу на організм хімічних сполук. Доцільно прискорити дослідження з нанотехнологій, наномеди-

цини, нанотоксикології, розробити нові методики вивчення впливу на організм людини і тварин наноматеріалів та нанопрепаратів (лікарських засобів).

Розробляються нанотехнології отримання нових високоефективних препаратів для лікування та діагностики деяких захворювань. При подальшому поглибленню вивчені фізіологічні механізмів дії нових нанопрепаратів та можливого побічного впливу, розробка фармацевтичних технологій отримання адекватних лікарських форм сприятиме проведенню більш ефективної фармакотерапії різних патологічний станів. Сучасні нанотехнології розробили методи впливу на уражені органи без негативної дії на інші органи і системи органів, що значно підвищує якість лікування.

Розробки з нанотехнологій вчених світу, в тому числі України, створюють умови для впровадження у практичну діяльність людини не тільки нових пристріїв для різних галузей промисловості, але і принципово нових високоефективних препаратів для лікування та діагностики багатьох захворювань, у тому числі таких, що на сьогодні є невиліковними.

Учені світу проводять ґрунтовні дослідження по вивченню лікувальних властивостей продуктів нанотехнологій – наночастинок, а також можливої побічної дії на організм людини і на навколошне середовище. Вивчення цих унікальних характеристик наночастинок дозволить розробити нові технології в техніці, медицині, лікознавстві, фітотерапії, нутріцитології, сільському господарству та інших напрямках діяльності людини.

Перед вченими різних спеціальностей стоять завдання більш ґрунтовно вивчити позитивні властивості продуктів нанотехнологій, а також можливу негативну їх дію як на організм людини, так і на навколошне середовище з метою попередження таких впливів.

Одна із важливих особливостей лікарських рослин полягає в тому, що наявні в них біологічно активні чинники, яким притаманна лікувальна дія, мають у своєму складі речовини, які належать до найрізноманітніших хімічних класів органічного та неорганічного світу. У процесі росту рослини синтезують не тільки різні безазотисті (крохмаль, цукри, глікозиди, спирти, флавоноїди, альдегіди, кетони, жири, ефіри, ефірні олії, целюлоза, танін, органічні кислоти тощо), а й азотмісткі речовини (алкалойди, білки, аміди, аміни, нуклеїнові кислоти, ферменти, вітаміни, гормони та ін.). Для їх синтезу необхідні вода, кисень, водень, вуглець, азот, а також фосфор, сірка, залізо, кальцій, магній, калій, натрій, хлор, марганець, йод, мідь, вісмут та інші неорганічні елементи. Тобто, всі фізіологічно активні речовини організму людини надходять до нього з рослин [25]. Згідно з сучасним уявленням перелічені речовини мають нанорозміри.

Наномедицина, нанофармакологія та нанофтіологія мають багато спільного внаслідок природного походження. Перед вченими світу, що вивчають різні аспекти фітотерапії, стоїть завдання вивчити роль нанорозмірних частинок рослин та вплив цих структур на організм людини із застосуванням сучасної техніки. Не менш

важливим завданням є дослідити значення наночастинок рослин у прояві їх ботанічних властивостей, накопиченні фізіологічно активних речовин, дії на організм людини і тварин, тощо. Нові відкриття з нанофтіології дозволять отримати не тільки цікаві наукові факти, але розробити нові фітопрепарати для лікування різних захворювань.

Література

1. Волков С.В. У нас є ще значні шанси вижити... // Дзеркало тижня. – 2008. – №26 (705). – С. 13.
2. Головенко М., Ларіонов В. Адресна доставка наносистемами лікарських засобів до головного мозку // Вісник фармакол та фармац. – 2008. – №4. – С. 8-16.
3. Горбик П.П., Чегун В.Ф., Шпак А.П. Физико-химические и медико-биологические аспекты создания полифункциональных нанокомпозитов и нанороботов // Тези конф. „Нанорозмірні системи. Будова-властивості-технології”, Київ, 2007. – С. 422.
4. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. 2-е изд. Испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
5. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику. – М.: Машиностроение, 2007. – 496 с.
6. Дубок В.А., Шинкарук А.В. Классификация биологических свойств неорганических биоматериалов как основа их усовершенствования и применения // Тези конф. „Нанорозмірні системи. Будова-властивості-технології”, Київ, 2007. – С. 24.
7. Жилинский В.В., Дроздович В.Б. Исследование синтезаnanoуглеродных материалов путем плазмо-электрохимической обработки // Тези конф. „Нанорозмірні системи. Будова-властивості-технології”, Київ, 2007. – С. 25.
8. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. – Пер. с японск. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 134 с.
9. Лахтин В.М., Афанасьев С.С., Лахтин М.В. и др. Нанотехнологии и перспективы их использования в медицине и биотехнологии // Вестн. РАМН. – 2008. – №4. – С. 50-55.
10. Мовчан Б.А. Электронно-лучевая нанотехнология и новые материалы в медицине – первые шаги // Вісник фармакол. і фармац. – 2007. – №12. – 5-13.
11. Москаленко В.Ф., Розенфельд Л.Г., Мовчан Б.О., Чекман І.С. Нанотехнології, наномедицина, нанофармакологія: стан, перспективи наукових досліджень, впровадження в медичну практику // 1 Нац конгрес „Человек и лекарство – Украина”. Київ, 2008. – С. 167-168.
12. Москалюк О.В., Казак Л.І., Чекман І.С. Клініко-фармакологічні властивості кремнієвих сполук // Вісник Нац. мед. університету, 2006. – №1. – С. 131-134.
13. Непайко С.А. Физические свойства малых металлических частиц. – Київ: Наукова думка, 1985. – 248 с.
14. Ніцак О.В., Казак Л.І., Чекман І.С. Ефективність супензії нанодисперсного кремнезему при гепатиті, викликаному ізоніксидом // Фармакол. та лік. токсикол. – 2008. – №1-3. – С. 66-69.
15. Нищенко М.М. Электрические и эмисионные свойства углеродных нанотрубок и их композитов // Тези конф. „Нанорозмірні системи. Будова-властивості-технології”, Київ, 2007. – С. 17.
16. Пул Ч.-мл., Оуенс Ф. Нанотехнологии. 2-е, дополненное издание. Москва: Техносфера, 2006. – 119-120 с.
17. Ромбль Н.Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 256 с.
18. Розенфельд Л.Г., Чекман І.С., Тертишно А.І. і співав Нанотехнології в медицині, фармації та фармакології // Фармак. та лік. токсикол. – 2008. – №1-3. – С. 3-7.
19. Русанов А.И. Нанотермодинамика: химический подход // 2006. – Рос. хим. ж. – Т. 1, №2. – С. 145-151.
20. Судзилов И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – Москва: Ком. книга, 2006, 592 с.
21. Ткаченко М.Л., Жиякина Л.Е., Мошенский Ю.В. Лекарственные гетерогенные системы как перспективные материалы для фармацевтической технологии // Тези конф. „Нанорозмірні системи. Будова-властивості-технології”, Київ, 2007. – С. 440.
22. Трефилов В.И. Фуллерены – основа материалов будущего. Київ: Ізд-во АДЕФ – Украина, 2001. – 148 с.
23. Фейнман Р.Ф. Внизу полным полно места: приглашение в новый мир физики // Рос. хим. журн. – 2002. – Т. XLVI, №5. – С. 406-409.
24. Чекман І.С. Клінічна фітотерапія. – Видавництво А.С.К., 2003. – 552 с.
25. Чекман І.С., Ніцак О.В. Нанофармакологія: стан та перспективи наукових досліджень // Вісник фармакол. та фармац. – 2007. – №11. – С. 7-10.
26. Чекман І.С., Корнейкова Я.М., Загородній М.І. та ін. Квантова міткі: клінічні та фармакологічні аспекти // Мистецтво лікування. – 2008. – Т. 50, № 4. – С. 72-74.
27. Чуйко А.А., Погорелый В.К., Пентюк А.А. и др. Медицинская химия и клиническое применение диоксида кремния. – К: Наукова думка, 2003. – 415 с.
28. Шеремета Л.М. Влияние ліпосомального квартетину (ліпофлавону) на інтегральні та морфологічні показники за умов експериментальної аспіринової виразки шлунка // Фармакол. та лік. токсикол. – 2008. – №1-3. – С. 44-47.
29. Agoretoorthy G., Chakraborty C. Reintroduction to nanotechnology potential application in physical medicine and rehabilitation // Am. J. Phys. Med. Rehabil. 2007. – Vol. 86, №3. – P. 225-241.

30. Bouin A. N. B., Hartmann Ж. K., Grigier Ж. et al. Ecotoxicity of engineered nanoparticles to aquatic invertebrates: a brief review and recommendations for future toxicity testing // *Ecotoxicology*. – 2008. – Vol. 17. – P. 387-395.
31. Bermudez E., Mangum J. B., Wong B. A. et al. Pulmonary responses of mice, rats, and hamsters to subchronic inhalation of ultrafine titanium dioxide particles // *Toxicol. Sci.* – 2006. – Vol. 77. – P. 347–357.
32. Cao G., Liu D. Template-based synthesis of nano-rod, nanowire and nanotube // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2008. – Vol. 136. – P. 45-64.
33. Caruthers S.D., Wickline S.A., Lanza G.M. Nanotechnological application in medicine // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2007. – Vol. 18. – P. 26-30.
34. Cho K., Wang X., Nie S. et al. Therapeutic nanoparticles for drug delivery in cancer // *Clin. Cancer Res.* – 2008. – Vol. 14 5. – P. 1309-1316.
35. Christian P., Von der Kammer F., Baalousha M. Nanoparticles: structure, properties, preparation and behaviour in environmental media // *Ekotoxicology*. – 2008. – Vol. – P. 326-343.
36. Dreher K.L. Health and environmental impact of nanotechnology: toxicological assessment of manufactured nanoparticles // *Toxicol. Sci.* – 2004. – Vol. 77. – P. 3-5.
37. Drexler K.E. Molecular nanomachines: physical principles and implementation strategies // *Ann. Rev. Biophys. Biomol. Struct.* – 1994. Vol. 23. P. 377-405.
38. Duffin R., Mills N.L., Donaldson K. Nanoparticles – a thoracic toxicology perspective. // *Yonsei medical Journal*. – 2007. – Vol. 48, №4. – P. 561-572.
39. Elder J.B., Liu C.Y., Apuzzo M.L.J. et al. Neurosurgery in the realm of Neurosurgery 10-9, Part 2: application of nanotechnology neurosurgery – present and future // *Neurosurgery*. – 2008. – Vol. 62, №2 – P. 269-285.
40. Fischer H.C., Chan W.C.W. Nanotoxicity: the growing need for in vitro study // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2007. – Vol. 18. – P. 565-571.
41. Garitaonandia J.S., Insausti M., Goikolea E. et al. Chemically induced permanent magnetism in Au, Ag, and Cu nanoparticles: localization of the magnetism by element selective techniques // *Nano Letters*. – 2008. – Vol. 8, №2. – C. 661-667.
42. Gordon A.T., Lutz G.E., Boninger M.L. et al. Introduction to nanotechnology: potential application in physical medicine and rehabilitation // *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* – 2007. – Vol. 86, №3. – P. 225-241.
43. Grungqvist C., Hunderi O. Optical properties of ultrafine gold particles // *Phys. Rev. B*, 1977. – Vol. 16, №8. – P. 3513-3534.
44. Igarashi E. Factors affecting toxicity and efficacy of polymeric nanomedicines // *Toxicol. Appl. Pharmacol.* – 2008. – Vol. 229, 1. – P. 121-134.
45. Jain K.K. The role of nanobiotechnology in drug discovery // *Med. Princ. Pract.* – 2005. – Vol. 10, № 21. – P. 1435-1442.
46. Jain K.K. Applications of nanobiotechnology in clinical diagnostics // *Clin. Chem.* – 2007. – Vol. 53, № 11. – P. 2002-2009.
47. Jain K.K. Nanomedicine: application of nanobiotechnology in medical practice // *Med. Princ. Pract.* – 2008. – Vol. 17, №2. – P. 89-101.
48. Lam C.W., James J.T., McCluskey R. et al. Pulmonary toxicity of single-wall carbon nanotubes in mice 7 and 90 days after intratracheal instillation // *Toxicol. Sci.* – 2004. – Vol. 77, №1. – P. 126-134.
49. Laurent S., Forge D., Port M. et al. Magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, stabilization, vectorization, physicochemical characterizations and biological applications // *Chem. Rev.* – 2008. – Vol. 108. – P. 2064-2110.
50. Levy-Nissenbaum E., Radovic-Moreno A.F., Wang A. Z. et al. Nanotechnology and aptamers: applications in drug delivery // *Trends in Biotechnology*. – Vol. 26, №8. – P. 442-448.
51. Lim I.-Im. S., Pan Yi., Mott D. et al. Assembly of Gold Nanoparticles Mediated by Multifunctional Fullerenes // *Langmuir*. – 2007. – Vol. 23. – P. 10715-10724.
52. Lok C.N., Ho C.M., Chen R. et al. Silver nanoparticles: partial oxidation and antibacterial activities // *J. Biol. Inorg. Chem.* – 2007. – Vol. 12, №4. – C. 527-534.
53. Medina C., Santos-Martinez M.J., Radomski A. et al. Nanoparticles: pharmacological and toxicological significance // *Br. J. Pharmacol.* – 2007. – Vol. 150. – P. 552-558.
54. Oberdorster G., Oberdorster E., Oberdorster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles // *Environ Health Perspect.* – 2005. V. 13. – P. 823-839.
55. Peek L.J., Middaugh C.R., Berkland C. Nanotechnology in vaccine delivery // *Adv. Drug Deliv. Rev.* – 2008. – Vol. 60, №8. – P. 915-928.
56. Rickerby D.G. Nanotechnology medical devices and nanopharmaceuticals European regulatory framework and research need // *J. Nanosci. Nanotechnol.* – 2007. – Vol. 7, № 12. – P. 4618-461825.
57. Smith D.K., Korgel B.A. The importance of the CTAB surfactant on the Colloidal Seed-Mediated synthesis of gold nanorods // *Langmuir*. – 2008. Vol. 24. P. 644-640.
58. Taniguchi N. On the basic Concept of "Nanotechnology". – Presented at Proc. ICPE. – 1974.
59. Thomas K., Aguar P., Kawasaki H. et al. Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part VIII: international efforts to develop risk-based safety evaluations for nanomaterials // *Toxicological Sciences*. – 2006. – Vol. 91, №1. – P. 23-32.
60. Wang Z., Tan B., Hussain I. et al. Design of polymeric stabilizers for size-controlled synthesis of monodisperse gold nanoparticles in water // *Langmuir*. – 2007. – Vol. 23. – P. 885-895.
62. Wickline S.A., Lanza G.M. Nanotechnology for molecular imaging and targeted therapy // *Circulation*. – 2003. – Vol. 107. – P. 1092-1095.
63. Xia T., Kovochich M., Brant J. et al. Comparison of the abilities of ambient and manufactured nanoparticles to induce cellular toxicity according to an oxidative stress paradigm // *Nano Lett.* – 2006. – Vol. 6. – P. 1794-1807.
64. Yang W., Peters J.I., Williams R.O. Inhaled nanoparticles review // *Int. J. Pharm.* – 2008. – Vol. 356, №1-2. – P. 239-247.

65. Zavaliche F., Zhao T., Zheng H. et al. Electrically assisted magnetic recording in multiferroic nanostructures // *Nano Letters.* – 2007. – Vol. 7, №6. – P. 1586-1590.

Надійшла до редакції 23.10.2008

УДК: 615.22+615.274:616.127-092.9-02:615.33.099

І.С. Чекман

НАНОНАУКА, НАНОМЕДИЦИНА, НАНОФИТОЛОГІЯ:
ТЕОРЕТИЧЕСКІ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ
ПРИМЕНЕНИЕ

Ключові слова: нанонаука, наномедицина,
нанофитологія, наночастички, механізми
действія.

Конец ХХ столетия ознаменовался выдающимися открытием – частицами размером 1 нанометр (10^{-9}) превалируют другие физические, химические, физико-химические и биологические свойства, нежели микро- и макрочастицы. Ученые мира начали проводить интенсивные исследования по установлению влияния таких наночастиц на организм человека и окружающую среду. Началась эра нанонауки, нанотехнологий, наномедицины с внедрением их результатов в различные отрасли народного хозяйства, в том числе медицину, фармакологию, фармацевтику. Обращено внимание на необходимость усиление внимания ученых к изучению нанофитологии. В обзорной статье обобщены данные литературы та исследований автора, касающиеся нанонауки, наномедицины и нанофитологии.

I.S. Chekman

NANOSCIENCE, NANOMEDICINE, NANOPHYTOLOGY:
THEORETICAL BASES AND PRACTICAL USE

Key words: chronic uncalculus cholecystitis, chroninanoscience, nanomedicine, nanophytology, nanoparticles, mechanisms of action.

The end of XX century was marked by prominent discovery – particles with size 1 nanometer (10^{-9}) have different physical, chemical, physical-chemical and biological properties, than micro- and macroparticles. Scientists all over the world have been provided intensive researches to study influence of these nanoparticles on human body and environment. Epoch of nanoscience, nanotechnology, nanomedicine have been started. Results of these sciences have been introduced into different fields of national economy, among them medicine, pharmacology, nanophytology. Special attention was paid to necessity to increase scientific activity in nanophytology. In the review literary data and results of own investigations in nanoscience, nanomedicine, nanophytology are summarized.



УДК: 616.36-002: 576.343-57.05.12

- Т.П. Гарник, д.м.н., проф., зав. каф. фітотерапії, гомеопатії та біоенерголінформ. мед.
В.М. Фролов, д.м.н., проф., зав. каф. інфекційних хвороб та епідеміології
М.О. Пересадін, д.м.н., проф., каф. соц. праці
- Медичний Інститут Української асоціації народної медицини, м. Київ
Луганський державний медичний університет
Луганський Інститут праці та соціальних технологій

ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ ЛІПОПЕРОКСИДАЦІЇ ТА "СЕРЕДНІХ МОЛЕКУЛ" КРОВІ У ХВОРИХ НА НЕАЛКОГОЛЬНИЙ СТЕАТОГЕПАТИТ, СПОЛУЧЕНИЙ З ХРОНІЧНИМ НЕКАЛЬКУЛЬОЗНИМ ХОЛЕЦІСТИТОМ ПРИ ЛІКУВАННІ АРТИХОЛОМ ТА ВІТАМІНАМИ З АНТОІОКСИДАНТНОЮ АКТИВНІСТЮ

У теперішній час все більше уваги дослідників надається хронічній патології печінки невірусного генезу, особливо неалкогольному стеатогепатиту (НАСГ), розповсюдженість якого неухильно зростає та не поступається частоті зустрічальності хронічного вірусного

гепатиту В [14,21]. За нашими даними НАСГ у хворих дуже часто сполучається з хронічною патологією з боку жовчного міхура (ЖМ) у вигляді хронічного некалькульозного холециститу (ХНХ), що дозволяє говорити про сполучену (коморбідну) патологію печінки та