

БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ НАНОМЕДИЦИНИ**Національний медичний університет імені О.О. Богомольця (м. Київ)*****Державний заклад Дніпропетровська медична академія (м. Дніпропетровськ)**

Дослідження проведено у рамках договору про науково-технічну співпрацю по розробці та впровадженню нанобіотехнологій між Національним медичним університетом імені О.О. Богомольця та Дніпропетровською державною медичною академією.

Вступ. Кінець ХХ і початок ХХІ століття характеризуються широким впровадженням нанотехнологій та їх продуктів у різні галузі народного господарства, а також біологію, хімію, фармакологію, фармацію, практичну медицину. Нанотехнології та нанобіотехнології розвиваються досить інтенсивно, що підтверджується публікаціями, і тими коштами, які вкладають держави у нарощування досліджень з цих нових напрямів. Наноматеріали займають проміжне положення між окремими атомами (молекулами) та макроструктурами і мають унікальні фізичні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні, фармакологічні властивості, завдяки малому розміру, хімічному складу, структурі, великій площі поверхні та формі.

У зв'язку з розвитком технологій одержання та використання наноматеріалів, які завдяки особливим фізичним, хімічним та механічним властивостям здатні завдавати непрогнозованого впливу на біологічні об'єкти, в сучасній науці постає проблема оцінки ризику для організму людини і навколишнього середовища при виробництві та застосуванні наноречовин. Є певні труднощі у виявленні ступеню токсичності тих чи інших нанопродуктів, а саме - токсичність наночастинок не може бути оцінена порівняно з аналогами у мало-дисперсній формі, бо токсикологічні властивості наноматеріалів є результатом не лише їх хімічного складу, а й зміни поверхневих характеристик, хімічної реактивності, форми, тощо.

В останні десятиріччя вивчення особливостей впливу нанопродуктів на процеси обміну клітин, розвиток тканин та організм є актуальним завданням біології і медицини. Його вирішення відкриває нові перспективи як у фундаментальному розумінні дії наночастинок на стан та функціональну активність клітин, так і в практичному ефективному їх застосуванні у біотехнології. Наночастинок починають застосовувати для наукових розробок у галузі біофізики, молекулярної біології, протеоміки, генетики, зокрема, для створення біомаркерів. Магнітні наночастинок, на які нанесені антитіла та фрагменти ДНК, мають властивість посилювати сигнал з численних маленьких біомолекул живих структур. Це дасть змогу діагностувати хворобу на ранніх стадіях і досягати більшого терапевтичного ефекту. В онкології для виявлення специфічних пухлинних маркерів застосовується імуноаналіз з використанням стабільних

нанооболонки або нанозарядів золота, що змінюють свій колір під час взаємодії ліганду з квантовими частинками, поєднаними зі специфічними антитілами.

Для посилення ефективності контрастні речовини приєднують до наночастинок, які завдяки своїм розмірам, площі поверхні та її стабільності дають змогу накопичувати контраст саме там, де це необхідно для діагностики патологічного процесу. Крім того, самі наночастинок можна візуалізувати різними методами: магнітним резонансом, ультразвуком, флуоресценцією, ядерною та комп'ютерною томографією. Наночастинок золота виступають як контрастні агенти. Завдяки електростатичним та гідрофобним взаємодіям до цих частинок можна приєднати будь-яке антитіло. В момент взаємодії антитіла з антигеном наночастинок змінює свій колір, що реєструється за допомогою спеціальних приладів. Наночастинок можуть утворювати комплекси з продуктами обміну речовин організму, лікарськими засобами, підвищуючи розчинність останніх, стабілізуючи їх, внаслідок чого медикаменти краще засвоюються клітинами організму. Системи цільової доставки медикаментів мають усувати всі вище названі недоліки, що істотно підвищить ефективність лікарських засобів. Найбільше відповідають цим вимогам наночастинок, адже завдяки малим розмірам такі структури легко проникають крізь природні бар'єри та навіть мембрани окремих клітин. Крім того, наночастинок можуть інкапсулювати, або зв'язувати молекули, що підвищує розчинність, стабільність й абсорбцію препаратів.

Сучасними дослідженнями виявлено можливість переносу наночастинок багатьох речовин: ДНК, білків, сполук з невеликою молекулярною масою, і в цьому плані найкраще зарекомендували себе ліпосоми та полімерні наночастинок, оскільки такі структури підлягають біодеградації та не здатні до кумуляції. Але невисвітленими залишаються питання впливу нанопродуктів на екосистеми, людей, розвиток організмів і т.д. Таким чином, вивчення особливостей впливу нанопродуктів на процеси обміну клітин та розвиток тканин, хід ембріогенезу є актуальним завданням біології і медицини.

Мета дослідження - провести аналіз стану сучасних морфологічних досліджень з нанобіотехнологій.

Матеріали, що мають нанорозміри, є в живій природі, зокрема, це ДНК, РНК, колаген, кісткова тканина, перлини, раковини молюсків, молоко, деревина та інші), виявляючи незвичайні біологічні, біохімічні й механічні властивості. Унікальність різноманітних

природних об'єктів завжди надихала людину на їх повторення та вдосконалювання створених нею структур, які сьогодні називають наноматеріалами. Багато біологічних об'єктів, органел клітин та фізіологічно-активних речовин мають нанорозміри.

Фізіологічно активні речовини у нанорозмірах можна розподілити на 4 групи:

1. Розміри до 100 нм мають: лейкоцити, еритроцити, компоненти клітини (ядро, мітохондрії, рибосоми), ракові клітини, бактерії і бактеріофаги. Згідно сучасної термінології ці структури відносять до мікророзмірів.

2. Наночастинки розмірами від 100 до 10 нм: антитіла, рибосоми, гранули глікогену, ліпосоми та інші.

3. Речовини з розмірами до від 10 до 1 нм: альбумін, гемоглобін, мембрана клітин, фібриноген, рецептори (серотоніновий, бета-рецептор та інші), інсулін, жиророзчинні вітаміни (ергокальциферол, ретинол), фолієва кислота, лікарські засоби (дигоксин, кверцитин), хлорофіл рослин, фулерени.

4. Речовини розміром менше 1 нм: АТФ, фруктоза, медіатори (ацетилхолін, адреналін, норадреналін), альфа-адреноміметик мезатон, амінокислоти, молекули води, CO₂, NO, атоми кисню, водню.

Проведені дослідження з вивчення фізичних, фізико-хімічних, квантово-хімічних, біологічних властивостей малих атомних агрегацій, які називають кластерами, наночастинками, що сприятиме більш активному впровадженню продуктів нанотехнологій у практичну діяльність людини [2,4,6, 30].

Таким чином, на основі наведених даних можна прийти до ствердження, що на зорі виникнення життя спочатку для одноклітинних а пізніше і для багатоклітинних, за сотні мільйонів років до народження людини природа «створила» наномеханізми, показавши їх переваги у протіканні фізіологічних і біохімічних механізмів у живих клітинах. Зрозуміло, що для підтвердження цих положень необхідні відповідні експериментальні дослідження, наукові дискусії, подальші узагальнення. А тому безперечно слід визнати їх пріоритетними й невідкладними. Токсичність наночастини зворотно корелює з їх розміром та залежить від дози та комбінації наночастин з іншими матеріалами. Аналіз даних світової наукової літератури на предмет можливого тератогенного впливу нанометалів на організм довів доцільність проведення експериментальних робіт в зазначеному напрямку. Необхідним стає визначення токсичних і тератогенних доз для експериментальних моделей.

В останні десятиріччя вивчення особливостей впливу наночастинок металів на процеси обміну клітин та розвиток тканин є актуальним завданням біології і медицини. Його вирішення відкриває нові перспективи як у фундаментальному розумінні дії нанометалів на стан та функціональну активність клітин, так і в практичному ефективному їх застосуванні у біотехнології [13]. Серед усього різноманіття існуючих наночастинок металів особливої уваги заслуговують наночастинки золота, срібла, міді, заліза, так звані пріоритетні нанометали [16,18]. Кількість експериментальних робіт, присвячених

їх медико-біологічному застосуванню, зростає в геометричній прогресії, що свідчить про перспективність використання наночастинок металів у технологіях конструювання високоефективних засобів діагностики та цільової терапії, зокрема онкологічних захворювань. Увага дослідників головним чином зосереджена на вивченні біологічних ефектів впливу нанометалів на клітинному рівні [7, 10, 11]. Однак, незважаючи на інтенсивні дослідження останніх років, відомості щодо ефектів впливу наночастинок металу на організм та на ембріон є досить обмеженими і суперечливими.

Загальновідомо, що мідь є необхідним металом для нормальної життєдіяльності організму. В організмі дорослої людини міститься приблизно 100 мг міді [12]. Щоденна потреба організму в міді становить від 2 до 5 мг. Після всмоктування у травному тракті 93% міді надходить у печінку та включається в біосинтез церулоплазміну, кожна молекула якого зв'язує 6-7 атомів Cu. 7% міді зв'язується також з транскуприном та альбуміном [19,20]. Недостатність міді в організмі є фактором ризику розвитку цілої низки хвороб та патологічних станів: анемії, бронхіальна астма, бронхіт, дистрофія м'язів, імпотенція, ішемічна хвороба серця, міопатія, неврити, остеопороз, туберкульоз легень та ін. [11]. Мідь є одночасно необхідним для життєдіяльності мікроелементом та токсичним важким металом для багатьох живих клітин. Дослідження показали, що наночастинки міді, на відміну від антибіотиків, не викликають селекцію резистентних штамів мікроорганізмів, що дозволяє у подальшому рекомендувати наномідь при лікуванні гнійно-септичних захворювань, викликаних поліантибіотикорезистентними штамми золотистого стафілококу [1]. Таким чином, нанометали – перспективні претенденти на створення нового класу антибактеріальних препаратів.

У світі проводяться інтенсивні дослідження з отримання наночастинок золота та вивчення їх властивостей [8,9]. Золото інертне в формі звичайного металу, стає високо реакційно активним у вигляді наночастинок розміром 3-7 нм, що робить цей благородний метал каталізатором для багатьох біохімічних реакцій. За останні роки проводяться інтенсивні дослідження з технологій отримання нанометалів та вивчення їх властивостей, їх поєднання з органічними структурами [11, 12]. Колоїдне золото відомо ще з давніх-давен і використовувалося в лікувальних цілях. Є данні про значне підсилення властивостей антибіотиків та протипухлинних засобів при їх кон'югації з нанозолотом розміром 20-40 нм та позитивну дію наночастинок золота на функціональну активність макрофагів [31,32]. Проте тип і спосіб модифікації поверхні наночастинок золота впливає на розвиток не тільки фармакологічного, але і токсичного ефектів *in vitro* та розвиток оксидативного стресу. Щодо токсичності наночастинок золота – існують суперечливі дані.

Значний науково-практичний інтерес мають дослідження препаратів з наносрібла [3,15,16]. Наночастинки срібла надзвичайно активні і викликають

загибель бактерій, вірусів, грибків, завдяки великій питомої поверхні, що збільшує область контакту срібла зі збудниками інфекційних захворювань, значно підвищуючи його бактерицидні властивості. Прямими експериментами *in vitro* показане інгібування віруса імунодефіцита людини наночастинами срібла виключно в діапазоні розмірів 1-10 нм. При розгляді еволюції срібла від іонів до наночастинок та дослідження дії різних препаратів срібла на віруси, бактерії та клітини, встановлено, що біоцидний ефект наночастинок срібла суттєво перебільшує дію іонів срібла в цих же концентраціях. Наводяться приклади успішного застосування нанопрепаратів срібла при лікуванні хворих на остеомієліт, гнійні рани, в комплексному лікуванні бактеріального вагіноза, опікових ран, хронічних запальних захворювань органів малого тазу, а також в хірургії, травматології, ветеринарії та ін. Таким чином, застосування наночастинок срібла дозволяє значно знизити концентрацію срібла у лікарських формах зі збереженням бактерицидної активності. Наночастинок срібла активні проти мікроорганізмів стійких до антибіотиків, що зумовлює можливість їх застосування для багатьох інфекційних хвороб [14,15,17,33]. Аналіз даних літератури показав, що наночастки володіють не тільки більш вираженою фармакологічною активністю, але і токсичністю в порівнянні із звичайними мікрочастками, здатні проникати в незміненому вигляді через клітинні бар'єри, а також через гематоенцефалічний бар'єр в центральну нервову систему, циркулювати і накопичуватися в органах і тканинах, викликаючи більш виражені патоморфологічні зміни у внутрішніх органах, а також мають тривалий період напіввиведення. Токсичність наночастинок залежить від їх форми і розмірів. Так дрібні наночастини веретеноподібної форми викликають більш руйнівні ефекти в організмі, ніж подібні їм частки сферичної форми. Також при впливі на організм чітко простежується зв'язок «доза-ефект» [5,11]. У зв'язку з вищевикладеним вивчення впливу наночастинок металів на морфологію тканин організму та ембріогенез є нагальним та актуальним, а визначення токсичних і тератогенних доз для експериментальних моделей є найважливішою задачею сучасної токсикології.

Здобуття глибоких та всебічних знань у сфері взаємодії наночастинок з біологічними системами, зокрема з біомембраною, є головним завданням у визначенні лікувальних та токсикологічних властивостей наночастинок та напрямків їх потенційного застосування як медикаментів та засобів доставки активних речовин [26].

Зацікавленість вченого світу цим питанням підтверджується проведенням експериментальних досліджень [23,24] та побудовою комп'ютерних моделей [21,28] вивчення різних аспектів взаємодії компонентів біомембрани та наночастинок (НЧ); зокрема велику увагу приділено гідрофобному ефекту НЧ.

Hong S. et al. (2004) визначили, що незаряджені («гідрофобні») дендримери абсорбуються ліпідним бішаром, тоді як заряджені спричиняють виникнення отворів у мембрані. Дендримери з кінцевими

первинними аміногрупами у нейтральному середовищі протонуються, утворюючи катіонний полімер. Такі структури можуть вступати у електростатичну взаємодію з біомембраною, в результаті чого у останній утворюються отвори діаметром 15–40 нм, порушується цілісність. Чим більшу кількість первинних аміногруп містить дендример, тим вища густина заряду його поверхні, а отже – сильніший руйнівний вплив на біомембрану. Після видалення розчинних дендримерів мембранна структура протягом 2 годин може відновитися завдяки процесам ауторепарації. Але у концентраціях більше 500 нМ дендримери-полікатіони спричиняють достатньо масивну дендропорацію (утворення отворів), що призводить до загибелі клітини [23].

Qiao R. et al. (2007) дослідили вплив гідрофобності фулеренів на їх поведінку у біомембрані. Тоді як гідрофобний первинний (нефункціоналізований) C60 фулерен може проникати крізь бішар, його гідрофільні похідні здатні лише адсорбуватися на поверхні. Первинний фулерен при проникненні у мембрану збільшує відстань між «голівками» ліпідів у місці проходження. Це надає більшим за розмірами молекулам можливість проникати у клітину та порушувати цілісність мембрани. Опосередкований механічний вплив на проникність мембрани доповнюється біохімічним механізмом ушкодження – фулерени здатні спричинювати запуск процесів перекисного окиснення ліпідів. Гідрофільні похідні C60 сприяють ущільненню «голівок» ліпідів, що пояснює їх низьку токсичність порівняно з первинним фулереном. Дослідження Kraszewski S. et al. (2010) показали, що первинні фулерени здатні зв'язуватися з різними ділянками калієвих каналів біомембрани та діяти як блокатори чи модулятори, спричиняючи токсичні ефекти [24].

На сьогодні увагу вченого світу привертають нанометали – антибактеріальні лікарські засоби нового покоління. Важливим є дослідження впливу цих наноматеріалів на прокаріотичні біомембрани – для встановлення механізму протимікробної дії та еукаріотичні біомембрани – з метою дослідження та оцінки токсичності.

Одним з найбільш перспективних антибактеріальних агентів є наносрібло. Достеменний механізм протимікробної дії НЧ срібла досі не відомий [27]. Нанорозмірні частинки у розчині здатні вивільняти деяку кількість іонів, з чим може бути пов'язана біологічна дія.

Деякі автори вважають, що НЧ срібла не мають прямого впливу на протеїни біомембрани. Той факт, що антибактеріальна активність наноструктурованого срібла перевищує активність срібла нітрату пояснюється здатністю наносрібла поступово та протягом тривалого часу постійно вивільняти іони срібла у середовище [22, 29].

Отже, НЧ можуть впливати на такі властивості ліпідного бішару, як цілісність, локальна щільність ліпідів та поверхневий натяг. Але й мембрана, як складна комплексна структура, здатна самостійно

адаптуватися до зовнішнього впливу завдяки природним засобам ауторепації [25].

Таким чином, біомембрана – одна з найважливіших складових живої клітини. Здобуття глибоких та всебічних знань у сфері взаємодії наночастинок з біологічними системами, зокрема з біомембраною, є важливим завданням при визначенні цитотоксичності наночастинок та напрямків їх потенційного застосування як медикаментів та засобів доставки активних речовин. Специфіка взаємодії наночастинок з біомембраною визначається природою, розміром НЧ, площею вільної поверхні, наявністю покриттів та гідрофобним ефектом.

Висновки. Перед ученими різних спеціальностей стоять завдання всебічного вивчення фізіологічних, біохімічних, фармакологічних властивостей наночастинок та інших продуктів нанотехнологій, визначення їх позитивної дії на організм і можливого негативного впливу як на людину чи тварину, так і на зовнішнє середовище. У багатьох країнах світу починають застосовувати розробки з нанотехнологій у різних галузях народного господарства, зокрема

в медицині для синтезу нових лікарських засобів та раціональної фармакотерапії різних захворювань.

Біологічні системи і наноматеріали взаємопов'язані, тому для дослідження впливу останніх на організм людини та довкілля необхідне поєднання зусиль медиків, фармакологів, токсикологів, патоморфологів, біологів, ембріологів, екологів.

Перспективи подальших досліджень. Не дивлячись на те, що наноматеріали у світі вже використовуються третє десятиліття, жоден з їх різновидів не був у повному обсязі ґрунтовно вивчений щодо впливу на організм, в тому числі і ембріогенез. Отже, слід акцентувати увагу вчених різних спеціальностей не тільки на розробці нових технологій отримання наноматеріалів, а й насамперед поглибленому вивченні фізичних, фізико-хімічних, квантово-хімічних, фізіологічних, біохімічних, фармакотоксичних, молекулярних механізмів дії нових нанопрепаратів і можливого побічного впливу на організм та довкілля, створенню фармацевтичних технологій отримання адекватних лікарських форм з метою успішного застосування у медичній практиці.

Список літератури

1. Бабушкина И.В. Изучение антибактериального действия наночастиц меди и железа на клинические штаммы *Staphylococcus aureus* / И.В. Бабушкина, В.Б. Бородулин, Г.В. Коршунов [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2010. – Т. 6, №1. – С. 11–14.
2. Борисевич В.Б. Наноматеріали в біології. Основи нановетеринарії / В.Б. Борисевич, В.Г. Каплуненко, М.В. Косінов, Б.В. Борисович [та ін.]. – К.: ВД «Авіцена», 2010. – 416 с.
3. Брызгунов В.С. Сравнительная оценка бактерицидных свойств серебряной воды и антибиотиков на чистых культурах микробов и их ассоциациях / В.С. Брызгунов, В.Н. Липин, В.Р. Матросова // Научн. тр. Казанского мед. ин-та. – 1964. – Т. 14. – С. 121–122.
4. Владимиров Г. Е. Биохимия / Г. Е. Владимиров, Л. М. Гиподман. – 1953. – № 18. – Вып. 4. – 490 с.
5. Глушкова А.В. Нанотехнологии и нанотоксикология – взгляд на проблему / А.В. Глушкова // Токсикологический вестник. – 2007. – № 6. – С. 4–8.
6. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику / Ю.И. Головин. – М.: Машиностроение, 2007. – 496 с.
7. Колесниченко А.В. Токсичность наноматериалов – 15 лет исследований / А.В. Колесниченко, М.А. Тимофеев, М.В. Протопопова // Российские нанотехнологии. – Т.3, № 3-4. – 2008. – С. 54–61.
8. Мовчан Б.А. Электронно-лучевая гибридная нанотехнология осаждения неорганических материалов в вакууме / Б.А. Мовчан // Актуальные проблемы современного материаловедения. – К.: Изд. Академперіодика, 2008. – Т. 1. – С. 227–247.
9. Мовчан Б.А. Электронно-лучевая нанотехнология и новые материалы в медицине – первые шаги / Б.А. Мовчан // Вісник фармакології і фармації. – 2007. – № 12. – С. 5–13.
10. Москаленко В.Ф. Нанонаука, нанобіотехнології, наномедицина, нанофармакологія / В.Ф. Москаленко, І.С. Чекман, Н.О. Горчакова [та ін.] // Український науково-медичний молодіжний журнал «YouthNanoBioTech-2010. Молодіжний форум з нанобіотехнологій»: Матеріали конференції 19 травня 2010р., Київ. – №3. – С. 9–16.
11. Москаленко В.Ф. Нанотехнології, наномедицина, нанофармакологія: стан, перспективи наукових досліджень, впровадження в медичну практику / В.Ф. Москаленко, Л.Г. Розенфельд, Б.О. Мовчан, І.С. Чекман // І нац. конгр. «Человек и лекарство — Украина». – К., 2008. – С. 167–168.
12. Москаленко В.Ф. Наукові основи наномедицини, нанофармакології та нанофармації / В.Ф. Москаленко, В.М. Лісовий, І.С. Чекман [та ін.] // Вісник Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця. – 2009. – № 2. – С. 17–31.
13. Резніченко Л.С. Вплив металів-мікроелементів на функціональний стан бактерій-пробіонтів / Л.С. Резніченко, Т.Г. Грузіна, В.В. Вембер, З.Р. Ульберг // Укр. біохім. журн. – 2008. – Т. 80, №1. – С. 96–101.
14. Рушинская Н.Ф. Лечение больных острым и хроническим тонзиллитом препаратами ионизированного серебра / Н.Ф. Рушинская, Л.Г. Буссель, К.Д. Миразизов, А.Г. Буссель // Здоровье. – 1976. – №6. – С. 23–25.
15. Савадян Э.Ш. Современные тенденции использования серебросодержащих антисептиков / Э.Ш. Савадян, В.М. Мельникова, Г.П. Беликова // Антибиотики и химиотерапия. – 1989. – №11. – С. 874–878.
16. Чекман І.С. Нанофармакологія: стан та перспективи наукових досліджень / І.С. Чекман, О.В. Ніцак // Вісн. фармакол. та фармації. – 2007. – №11. – С. 7–10.
17. Alt V. An in vitro assessment of the antibacterial properties and cytotoxicity of nanoparticulate silver bone cement / V. Alt, T. Bechert, P. Steinrück [et al.] // Biomaterials. – 2004. – V.25, №18. – P. 4383–4391.
18. Chen Z. Acute toxicological affects of copper nanoparticles in vivo / Z. Chen, H. Meng, G. Xing [et al.] // The journal of physical chemistry. Toxicology letters. – 2006. – Vol. 218. – P. 432–451.
19. Despopoulos A. Color atlas of Physiology / A. Despopoulos, S. Silbernagl. – 5th ed. – Stuttgart: Thieme, 2003. – P. 90.
20. Gant V.A. Three novel highly charged copper-based biocides: safety and efficacy against healthcare-associated organisms / V.A. Gant, M.W. Wren, M.S. Rollins [et al.] // J. Antimicrob. Chemother. – 2007. – Vol. 60, №2. – P. 294–299.
21. Ginzburg V.V. Modeling the thermodynamics of the interaction of nanoparticles with cell membranes / V.V. Ginzburg, S. Balijepalli // Nano Lett. – 2007. – Vol. 7, №12. – P. 3716–3722.
22. Gogoi S.K. Green fluorescent protein-expressing *Escherichia coli* as a model system for investigating the antimicrobial activities of silver nanoparticles / S.K. Gogoi, P. Gopinath, A. Paul [et al.] // Langmuir. – 2006. – Vol. 22, №22. – P. 9322–9328.

23. Hong S. Interaction of poly(amidoamine) dendrimers with supported lipid bilayers and cells: hole formation and the relation to transport / S. Hong, A.U. Bielinska, A. Mecke [et al.] // *Bioconjug. Chem.* – 2004. – Vol. 15, №4. – P. 774–782.
24. Kraszewski S. Affinity of C60 neat fullerenes with membrane proteins: a computational study on potassium channels / S. Kraszewski, M. Tarek, W. Treptow [et al.] // *ACS Nano.* – 2010. – Vol. 4, №7. – P. 4158–4164.
25. Leroueil P.R. Nanoparticle interaction with biological membranes: does nanotechnology present a Janus face? / P.R. Leroueil, S. Hong, A. Mecke [et al.] // *Acc. Chem. Res.* – 2007. – Vol. 40, №5. – P. 335–342.
26. Li Y., Chen X., Gu N. Computational investigation of interaction between nanoparticles and membranes: hydrophobic/hydrophilic effect / Y. Li, X. Chen, N. Gu // *J. Phys. Chem. B.* – 2008. – Vol. 112, №51. – P. 16647–16653.
27. Parameswari E., Udayasoorian C., Sebastian S.P. [et al.] The bactericidal potential of silver nanoparticles / E. Parameswari, C. Udayasoorian, S.P. Sebastian [et al.] // *International Research Journal of Biotechnology.* – 2010. – Vol. 1, №3. – P. 44–49.
28. Qiao R. Translocation of C60 and its derivatives across a lipid bilayer / R. Qiao, A.P. Roberts, A.S. Mount [et al.] // *Nano Lett.* – 2007. – Vol. 7, №3. – P. 614–619.
29. Ruparelia J.P. Strain specificity in antimicrobial activity of silver and copper nanoparticles / J.P. Ruparelia, A.K. Chatterjee, S.P. Duttgupta [et al.] // *Acta Biomater.* – 2008. – Vol. 4, №3. – P. 707–716.
30. Tan B.H. Review on dynamics and micro-structure of pH-responsive nano-colloidal systems / B.H. Tan, K.C. Tam // *Advances in Colloid and Interface Science.* – 2008. – Vol. 136. – P. 25–44.
31. The antimicrobial sensitivity of *Streptococcus* mutants to nanoparticles of silver, zinc oxide, and gold / [Hernández-Sierra JF, Ruiz F, Cruz Pena DC, Martínez-Gutiérrez F] // *Nanomedicine.* – 2008, № 17. – P. 19.
32. Thomas M. Conjugation to gold nanoparticles enhances polyethylenimine's transfer of plasmin DNA into mammalian cells / M. Thomas, A.M. Klibanov // *Proc Natl Acad Sci USA.* – 2003. – Vol. 100. – P.9138 - 9143.
33. Woraz K. Antimicrobial property of silver / K. Woraz // *Toxicol.* — 2001. — №12. — P. 89–93.

УДК 611.12-034:591.33-092.9

БИОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ НАНОМЕДИЦИНИ

Чекман І.С., Шаторна В.Ф., Савенкова О.О., Гарець В.І., Крутенко В.В., Мархонь Н.О., Кривошей В.В.

Резюме. Метою дослідження було проведення аналізу стану сучасних морфологічних досліджень з нанобіотехнологій. Завдання всебічного вивчення фізіологічних, біохімічних, фармакологічних властивостей наночастинок та інших продуктів нанотехнологій, визначення їх позитивної дії на організм і можливого негативного впливу як на людину чи тварину, так і на зовнішнє середовище актуальне як ніколи. У багатьох країнах світу починають застосовувати розробки з нанотехнологій у різних галузях народного господарства, зокрема в медицині для синтезу нових лікарських засобів та раціональної фармакотерапії різних захворювань.

Біологічні системи і наноматеріали взаємопов'язані, тому для дослідження впливу останніх на організм людини та довкілля необхідне поєднання зусиль медиків, фармакологів, токсикологів, патоморфологів, біологів, ембріологів, екологів.

Ключові слова: наноматеріали, нанобіотехнологій, наномедицина.

УДК 611.12-034:591.33-092.9

БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАНОМЕДИЦИНЫ

Чекман И.С., Шаторная В.Ф., Савенкова Е.А., Гарець В.И., Крутенко В.В., Мархонь Н.А., Кривошей В.В.

Резюме. Целью исследования было проведение анализа состояния современных морфологических исследований по нанобіотехнологиях. Задание всестороннего изучения физиологических, биохимических, фармакологических свойств наночастиц и других продуктов нанотехнологий, определения их позитивное действие на организм и возможного негативного влияния как на человека или животного, так и на внешнюю среду актуально как никогда. Во многих странах мира начинают применять разработки нанотехнологий в разных отраслях народного хозяйства, в частности в медицине для синтеза новых лекарственных средств и рациональной фармакотерапии разных заболеваний.

Биологические системы и наноматериалы взаимосвязаны, потому для исследования влияния последних на организм человека и окружающую среду необходимо объединение усилий медиков, фармакологов, токсикологов, патоморфологов, биологов, эмбриологов, экологов.

Ключевые слова: наноматериалы, нанобіотехнологии, наномедицина.

UDC 611.12-034:591.33-092.9

Biological Aspects Of Nanomedical

Chekman I.S., Shatorna V.F., Savenkova O.O., Garets' V.I., Krutenko V.V., Marchon N.A., Krivoshey V.V.

Summary. A research purpose was a lead through of analysis of the state of modern morphological researches from nanobіotechnology. Task of comprehensive study of physiology, biochemical, pharmacological properties of nanочастинок and other products of нанотехнологій, determination of them positive operating on an organism and possible negative influence both on a man or animal and on an external environment actual as never. In many countries of the world begin to apply developments from nanotechnology in different industries of national economy, in particular in medicine for the synthesis of new medications and rational pharmacotherapies of different diseases.

The biological systems and nanomaterials associate, that is why for research of influence of the last on the organism of man and environment necessary combination of efforts of physicians, pharmacologists, toxicology, biologists, embryologists, environmentalists.

Key words: nanomaterials, nanobіotechnology, nanomedicine.

Стаття надійшла 28.11.2011 р.