

УДК: 636.09:620.3

**Сучасні погляди щодо використання нанотехнологій за лікування
свійських тварин (оглядова стаття)**

Телятніков А.В., Телятніков К.А.

Одеський державний аграрний університет

В даній оглядовій статті надається детальна характеристика наночасток, шляхів їх проникнення в біологічні системи та взаємодії з живими клітинами на атамарному рівні; описується сучасний стан застосування наночасток у свійських тварин з лікувальною метою та перспективи подальшого розвитку нанотехнологій у ветеринарній медицині.

Ключові слова: *властивості наночасток, наночастки металів, лікування свійських тварин.*

Вступ. Нанотехнологіям приділяється значна увага в різних країнах світу. Інтенсифікація наукових досліджень в галузі біотехнології, нанотехнології і генної інженерії сприяє можливості значного поліпшення способу життя на землі, в першу чергу для людей. Разом з тим не можна ігнорувати можливість значного позитивного лікувально-профілактичного впливу нанотехнологій у тваринництві і ветеринарній медицині [1].

Нанотехнологія – сукупність технологій з молекулами і атомами в масштабах 1–100 нм. Тобто це так званий наносвіт, розміри часток якого представлені нанометрами ($1\text{ нм} = 10^{-9}\text{ м} = 10^{-6}\text{ мм} = 10^{-3}\text{ мкм}$). Розміри атомів і атомних молекул становить близько 0,1 нм, але наноструктурою окремий атом не може бути. В хімії прийнято вважати, що наноструктурою стає результат самоконденсації атомів і молекул у малі атомні агрегації (кластери), які є проміжною ланкою між ізольованими атомами і молекулами, з одного боку, і масивним (об'ємним) твердим тілом, з іншого. Перехід до твердого тіла здійснюється через укрупнення кластерів – мінімальне число атомів у кластері дорівнює двом. Зазвичай така структура включає 1–2 тис. атомів, що є межею між кластером та ізольованою наночасткою [2].

Внаслідок ненасичених зв'язків на поверхні наночастки може відбутись атомна реконструкція і з'явиться новий порядок розташування атомів. На

вільних поверхнях можуть знаходитись атоми і молекули, адсорбовані із зовнішнього середовища. Додаткові особливості з'являються в найближчому оточенні атомів, які знаходяться по краям моно-атомних терас, виступів і западин. Взаємодія електронів з вільною поверхнею також приводить до виникнення специфічних поверхневих явищ (Головін Ю.І., 2007) [3]. Вони проявляються різким збільшенням хімічної і каталітичної активності поверхні, її сорбційної ємності та іншими ефектами. За такого визначення наночастками низькомолекулярних речовин вважаються об'єкти з розміром поверхні до 10 нм, для високомолекулярних – до 100 нм (верхня межа наносвіту) [4].

Наночастки легко взаємодіють з будь-якими клітинними елементами організму ссавців. Окиснювальний стрес, зумовлений активною поверхнею наночасток, призводить до збільшення концентрації внутрішньоклітинного кальцію і активації окремих генів. Наночастки металів, які проникли в клітину, і призводять до окиснювального стресу, збільшують, в свою чергу, внутрішньоклітинний уміст кальцію і активують окремі гени. Клітинний рецептор, активований нанометалом, що звільняється з наночасток, приводить до генної активації та діє через NF- κ B (ядерний фактор κ B) – основний транскрипційний активатор запальних цитокінів [5].

Нанотехнологи, які займаються поглибленим вивченням наночасток, вказують, що наночастки за розмірами подібні до рецепторів клітин і молекул, що здійснюють сигнальну функцію [6].

Наночастки проникають у тваринний організм чотирма основними шляхами – через легені, через епітелій верхніх дихальних шляхів, через шкіру і через шлунково-кишковий канал. При надходженні через легені наночастки проникають в організм через назофарингіальний, трахеобронхіальний і альвеолярний регіони. Від проникнення відносно крупних часток повітроносні шляхи захищені миготливим епітелієм і шаром слизу на його поверхні. Газообмін у легенях здійснюється в ділянці альвеол. Тут бар'єр між альвеолярною стінкою і капілярами становить всього 500 нм [7]. Наночастки при інгаляції проникають в кров'яне русло за різними механізмами. Швидкість цього процесу залежить від розмірів наночасток і їх хімічного складу. Однак деякі наночастки, наприклад частки карбону, розміром <100 нм, вже через 1 хв. виявляються у крові експериментальних щурів [8].

Швидкість транспортування поліовірусів і наночасток по нюховому нерву приблизно однакова – 2,4–2,5 мм/год. Крім транснейрального проникнення наночасток у ЦНС, вони здатні також надходити з крові крізь гематоенцефалічний бар'єр. Важливим шляхом проникнення наночасток у тваринний організм є трансдермальний шлях – між клітинами, через клітини і через волосяні фолікули. Наприклад, ліпосоми з розмірами в межах від 20 нм до 200 нм легко проходять між клітинами [9, 10].

Наноматеріали, отримані хімічним способом, нерідко можуть впливати негативно на метаболізм багатьох життєво важливих органів, оскільки вони включають у собі деякі токсичні властивості вихідних хімічних сполук. Це робить проблематичним використання їх в областях з жорсткими вимогами

стосовно біологічної чистоти тканин і органів, перш за все в гуманній і ветеринарній медицині. На противагу можливій токсичності нанокластерів [11, 12] підкреслюється виражена лікувальна активність наночастинок металів за багатьох патологічних процесів, у тому числі у тварин [13, 14]. Пошук наночастинок металів, які спеціально розробляються нанотехнологами, з наперед визначеними властивостями для корекції і лікування певних патологічних проявів представляє собою вельме актуальне питанням ветеринарної медицини. Метою роботи було охарактеризувати сучасний стан застосування наночастинок у свійських тварин з лікувальною метою та перспективи подальшого розвитку нанотехнологій у ветеринарній медицині.

Матеріали та методи досліджень. Літературні джерела та їх аналітична обробка.

Результати досліджень. Багатьма дослідниками звертається увага на антисептичні властивості наночастинок металів. Нанокластери аргентуму, купруму і магнію застосовуються у боротьбі з септичними ураженнями. Ці ж самі частки використовуються як потужний антипаразитарний засіб [15, 16]. Для стимулювання загоєння ран, поряд з аргентумом [17], застосовують нанокластери купруму і цинку, які посилюють регенеративну активність пошкоджених тканин [18]. З метою інтенсифікації гемопоезу використовують наночастки феруму і кобальту [19, 20].

Встановлено, що бактерицидна, бактериостатична активність та хімотерапевтична здатність наночастинок Ag^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Co^{2+} перевищує аналогічну активність і здатність традиційних лікарських засобів [1]. У якості наноантисептиків перспективним є використання наночастинок $Ag+Cu$, Ag , Mg [21].

Якщо механізми мікробіцидної активності наночастинок аргентуму і купруму відомі, то така властивість магнію, ймовірно, пов'язана з його антагоністичною здатністю стосовно кальцію, гальмування або припинення надходження якого в клітину сприяє загибелі останньої [22].

Вважається, що антибактеріальна активність наночастинок металів у значній мірі зумовлена їх квантовими властивостями (корпускулярними і хвильовими), внаслідок чого порушується структура і функція бактеріальної стінки плазмід, а також адгезивна здатність бактерій [23, 24, 25].

Наночастки металів, особливо купруму, феруму, цинку, магнію, кобальту при надходженні в організм тварин виконують роль мікроелементів. За своєю мікроелементною активністю вони значно перевищують стимулювальну здатність молекулярних форм мікроелементів [26, 27].

Е.К. Баранова та співав. [28] вказують на здатність формувати механізми адсорбційних, каталітичних та біоцидних властивостей наночастинок аргентуму, купруму і цинку в біологічних системах.

З метою активізації енергетичної забезпеченості перебігу обміну речовин рекомендують застосовувати нанокластери магнію. Магній вважається потужним активатором синтезу, ресинтезу і використання АТФ. Крім того, магній приймає активну участь у клітинній проліферації [29, 30].

Наночастки металів виражено прискорюють загоєння ран, за місцевого застосування вони профілактують гнійне запалення. Найбільш оптимальним способом лікування інфікованих ран у собак є щоденне нанесення на ранову поверхню колоїду нанокластерів Ag, Cu, Zn. Нанокластерне лікування інфікованих ран, у порівнянні з традиційними антисептиками, прискорює їх загоєння на 28,85 %. Воно також є доцільним при накладанні вторинних ранніх швів на випадкові рани, особливо у зв'язку з поширенням антибіотикорезистентності мікроорганізмів [31]. Наночастки металів також застосовуються в офтальмології. Кератити, в етіології яких ведучу роль відіграють інфекційні чинники, у собак і котів, дуже важко виліковуються за допомогою антибіотиків, у зв'язку з чим апробовано застосування наночасток Ag і Cu, розведених ізотонічним розчином хлориду натрію 1:3 (інстиляції по 2–5 крапель 3–5 рази на день). При цьому встановлено, що аргентум згубно діє на всі види грамнегативних і грампозитивних бактерій, гриби і віруси. Звертається увага на те, що збільшення контактної поверхні наночасток значно посилює їх антисептичну здатність [32].

За гнійних кон'юнктивокератитів у молодняку великої рогатої худоби застосування очних желатинових плівок з тетрацикліном і ципрофлоксацином менш ефективно (у зв'язку з формуванням антибіотико-резистентних штамів мікроорганізмів), ніж використання набору наночасток біоцидних і біогенних металів у складі аргентуму, купруму, цинку, магнію, кобальту [33].

Досить високою виявилася ефективність наночасток металів за ортопедичної патології у тварин. Обробка рогу копитець великої рогатої худоби наночастками Ag, Cu, Zn супроводжується збільшенням в ньому вмісту сульфуру, купруму і цинку та значним покращенням біофізичних показників копитцевого рогу, які, у порівнянні з обробкою 10 %-вим розчином купруму сульфату, набагато їх перевищують. Встановлено, що це зумовлено включенням екзогенних наночасток у перебіг біохімічних реакцій епідермісу копитець [34]. Також вони проявляють виражену лікувальну ефективність за специфічних гнійно-некротичних процесів пальців (некробактеріоз) у рогатої худоби [35].

Більш новітні системи використання ліків, засновані на методах нанотехнології, широко застосовуються за неоплазій, діабету, мікозів, вірусних інфекцій і в генотерапії [36, 37, 38, 39, 40, 41, 42]. Нанотехнологія також знайшла своє використання в діагностичній медицині у формі контрастних речовин, флуоресцентних фарб і магнітних наночасток [43, 44].

Наукові дослідження використання наночасток у біомедичних цілях активно просуваються в лікуванні онкологічних захворювань. Промислово для цих цілей вже виробляються в стандартних масових концентраціях наночастинки ауруму (0,06 мг / мл, сферичної форми, розміри від 5 нм), аргентуму (0,02 мг / мл, сферичної форми, розміри від 20 нм) [45]. Виробники пропонують наночастинки металів, наприклад із ауруму, розміром 5 нм і 3 нм, з різним діапазоном властивостей розчинників: гідрофільні, гідрофобні і амфифільні [46].

Деякі зарубіжні виробники забезпечують стабільність наночасток, наприклад аргентуму як в органічних стабілізаторах, так і у водній фазі. Останні, порівняно з іншими срібними наночастками, володіють чудовою стабільністю. Вони стійкі протягом декількох місяців за кімнатної температури. Наночастки ауруму у водному розчині високо монорозсіяні. Ці наночастки вільні від хімічних стабілізаторів і теж мають тривалий термін придатності [47]. Наприклад, наномедична компанія CytImmune використовує наночастки ауруму в комбінації методів призначених для лікування ракових пухлин. Так, деякі кровоносні судини, розташовані на ділянці пухлин, є негерметичними, дозволяючи наночасткам вийти з кровоносної судини у ділянці пухлини. Наночастки ауруму безпечно потрапляють в пухлини через їх найбільш вразливі пункти – негерметичні кровоносні судини, які кровопостачають пухлини. Ці наночастки вибірково зв'язують рецептори TNF (фактор некрозу пухлин) на осередках кровоносної судини в паталогічній ділянці. Руйнування структури парентерального живлення пухлини та її захисних бар'єрів “відкриває ворота” для кілерів ракових клітин, щоб проникнути через пухлину і її ліквідувати [48].

З 2006 р. в ближньому зарубіжжі (Росії) методом біохімічного синтезу (хімічного відновлення в супрамолекулярних системах) також активно почався синтез наночасток металів – ауруму, аргентуму, купруму, цинку, кобальту та нікелю. Компанія ТОВ НВК “Наномет” володіє технологією синтезу металевих наночасток, що ґрунтується на хімічному відновленні іонів металів до атомарної форми з подальшою кристалізацією. Синтез відбувається у водному або неводному середовищі у присутності молекул поверхнево-активної речовини. Хімічний процес перебігає всередині супрамолекулярної системи – міцел, утворених поверхнево-активною речовиною. Ця технологія синтезу наночасток металів дозволяє керувати розміром, формою і структурою частинок, від яких безпосередньо залежать властивості одержуваних наночасток. Зокрема, наночастинки ауруму використовуються для створення препаратів, діючих за принципом "золота куля". Вони представляють собою наночастку ауруму покриту адресним агентом, який кріпить частинку безпосередньо до пухлини. Після кріплення частинки її опромінюють високо інтенсивним інфрачервоним світлом, який її розігріває. За рахунок такого розігріву відбувається випалювання пухлини, а здорові тканини залишаються не пошкодженими. На даний момент компанія володіє технологіями синтезу наночасток металів: Ag, Au, Cu, Zn, Co, Ni, Fe, Bi, Pb, і постійно розширює лінійку [49].

На нашу думку, найбільш перспективним для використання у ветеринарії є металеві наночастки, засновані на використанні фізичних явищ. В першу чергу це відноситься до гідратованих наночасток металів (краще, мікроелементів), отриманих за допомогою ерозійно-вибухової нанотехнології [50], розробленої на основі нового фізичного явища в областях високих концентрацій енергій [51]. Хелатування наночастинки молекулами води дозволяє аквахелату легко проникати через мембрани клітин, а наночастинці

легко “розкриватись”, що створює умови для його високої активності. Встановлено, що наноаквахелати металів за перорального надходження в тваринний організм з успіхом замінюють застосування солей мікроелементів [52].

Висновки. 1. Наночастки металів володіють рядом широких у ветеринарно-медичних напрямках властивостей. Вони здатні виступати в якості: основних діючих речовин, стимуляторів обмінних процесів організму, мікроелементів, носіїв лікарських засобів, маркерів і багатьох інших функціональних елементів ветеринарних препаратів.

2. Використовуючи властивості наночасток металів, можна створювати принципово новітні ветеринарні препарати. Наночастки металів співрозмірні з білками та іншим складним молекулам в організмі тварин. Співвідношення розмірів цих молекул за взаємодії з наночастками не викликає їх деформації, що відкриває можливості для створення складних ветеринарних препаратів.

3. Інноваційні антимікробні засоби, засоби адресної доставки, вузько спрямовані препарати і багато інших засобів із застосуванням наночасток металів вже інтенсивно розробляються в науково-дослідних лабораторіях багатьох країн світу.

Список літератури

1. Наноматеріали в біології. Основи нановетеринарії / В.Б. Борисевич, В.Г. Каплуненко, М.В. Косінов [та ін.]; за ред. В.Б. Борисевича, В.Г. Каплуненка. – К.: ВД «Авіцена», 2010. – 416 с.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. – [2-е изд., испр.]. – М.: Физматлит, 2009. – 416 с.
3. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику / Ю.И. Головин. – М.: Машиностроение, 2007. – 496 с.
4. Size-dependent proinflammatory effects of ultrafine poly-styrene particles: a role for surface area and oxidative stress in the enhanced activity of ultrafines / D.M. Brown, M.R. Wilson, W. MacNee [et al.] // *Toxicol. Appl. Pharmacol.* – 2001. – Vol. 175. – P. 191–199.
5. Donaldson K. Inflammation caused by particles and fibers / K. Donaldson, T. Tran // *Toxicol.* – 2002. – Vol. 14. – P. 5–27.
6. Prylutska S.V. Biological effects of C60 fullerenes in vitro and in a model system / S.V. Prylutska, O.P. Matyshevska, I.I. Grynyuk et al. // *Mol. Cryst. Liquid Cryst.* – 2007. – V. 468. – P. 265–274.
7. Hoet P. Nanoparticles – known and unknown health risks / P. Hoet, I. Bruske-Hohlfeld, O. Salata // *Journal of Nanobiotechnology.* – 2004. – Vol. 2. – P. 123–234.
8. Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans / A. Nemmer, P. Hoet, B. Vanquickenbome [et al.] // *Circulation.* – 2002. – Vol. 105. – P. 411–414.
9. Nanoparticles: pharmacological and toxicological significance / C. Medina, M.J. Santos-Martinez, A. Radomski [et al.] // *British Journal of Pharmacology.* – 2007. – Vol. 150. – P. 552–558.
10. In vivo Skin penetration of quantum dot nanoparticles in the murine model: the effect of UVT / L.J. Mortensen, G. Oberdorster, A.P. Penfland [et al.] // *Nano Lett.* – 2008. – Aug 8. – P. 75–84.
11. Оценка потенциальной биологической опасности наночастиц / [М.В. Супотницкий, С.А. Ладыгина, Д.П. Поклонский, М.Ю. Волков] // *Ветеринарная медицина.* – 2009. – № 3. – С. 12–15.
12. Ultrafine particles pollutants induce oxidative stress and mitochondrial damage / N. Li, C. Sioutas, A. Cho [et al.] // *Environ Health Perspect.* – 2003. – Vol. 111. – P. 455–460.

13. Бурмистров В.А. Применение препаратов серебра в ветеринарии / В.А. Бурмистров // Нанотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины: сб. материалов научн.-практ. конф. с международным участием (11–12 октября 2007 г.). – Новосибирск, 2007. – Ч. 2. – С. 64–70.
14. Телятніков А.В. Застосування наночасток Mg, Fe, Co, Cu, Zn, Ag за переломів кісток та їх ускладнень у собак: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д. вет. наук: спец. 16.00.05 «Ветеринарна хірургія» / А.В. Телятніков. – Біла Церква, 2017. – 36 с.
15. Волошина Н.А. Овоцидная эффективность наночастиц серебра / Н.А. Волошина // VI Международная научн.-практ. конф. «Паразитарные болезни человека, животных и растений (25–26 сентября 2008 г.). – Витебск, Государственный медицинский университет, 2008. – С. 167–171.
16. Перспективи застосування колоїдів наночасток металів у ветеринарній медицині / Н.О. Волошина, О.Ф. Петренко, В.Г. Каплуненко [та ін.] // Вет. медицина України. – 2008. – № 9. – С. 32–34.
17. Лечение нагноений в травматологии / Т.В. Лаврикова, А.А. Ангельский, Т.Ю. Абрамова [и др.] // Применение препаратов серебра в медицине: сб. трудов по материалам научн.-практ. конф. «Новые химические системы и процессы в медицине»; под ред. Е.М. Блажитко. – Новосибирск: Из-во ЗАО «Вектор-Бест», 2004. – С. 108–111.
18. Застосування наночасток Ag, Cu, Zn у лікуванні ран / В.Б. Борисевич, Б.В. Борисевич, О.Ф. Петренко [та ін.] // Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини: зб. наук. праць Харків. держ. зоовет. акад. – Харків, 2008. – Вип. 16. – Т. 1. – Ч. 2. – С. 149–153.
19. Лікування переломів кісток у собак із застосуванням наноаквахелатів металів / В.Б. Борисевич, О.Ф. Петренко, В.П. Сухонос [та ін.] // Наук. вісник вет. медицини: зб. наук. праць. – Біла Церква, 2010. – Вип. 4 (76). – С. 27–30.
20. Павлов Г.В. Проявление биологической активности нанопорошка железа-α на разных биологических объектах в норме и патологии / Г.В. Павлов // Ветеринарная медицина (Москва). – 2007. – № 3. – С. 6–7.
21. Волошина Н.О. Використання нанометалів в санітарії / Н.О. Волошина // В кн.: Здобутки нанотехнології в лікуванні та профілактиці хвороб тварин. Нановетеринарія (впровадження інноваційних технологій); за ред. В.Б. Борисевича. – К.: ДІА, 2008. – С. 141–146.
22. Федосеев Г.Б. Магний и заболевание легких / Г.Б. Федосеев, А.В. Емельянов, В.А. Гончарова // Клиническая медицина. – 1994. – № 2. – С. 13–16.
23. Головенко М.Я. Наномедицина: досягнення та перспективи розвитку новітніх технологій у діагностиці та лікуванні / М.Я. Головенко // Журнал АМН України. – 2007. – Т. 13. – № 4. – С. 4–25.
24. Нанорозмірне срібло для випоювання птиці / Д.А. Засекін, В.В. Соломон, М.Д. Кучерук [та ін.] // Здоров'я тварин і ліки. – 2008. – № 12. – С. 22–23.
25. Потапов В.В. Действие наночастиц серебра на клетки дрожжей и кишечной палочки (E. coli) / В.В. Потапов, В.В. Земсков // Наночастицы в природе. Нанотехнологии и их создание в приложении к биологическим системам: материалы 1-го Российского научн.-метод. семинара (4 июня 2003 г.). – М., 2003. – С. 53–61.
26. Рашидова С.Ш. Создание наночастиц и наноструктур в системах на основе природных биополимеров и их применение в биотехнологии, медицине и сельском хозяйстве / С.Ш. Рашидова, И.Н. Рубан, Н.П. Воропаева // Наночастицы в природе. Нанотехнологии в приложении к биологическим системам: материалы 2-го Российского научн.-метод. семинара (21 сентября 2004 г.). – М., 2005. – С. 9–17.
27. Properties of nanoscale particles on the basis of metals localized into biological tissues / [A.P. Shpak, A.B. Brik, V.L. Karbovskiy, L.G. Rosenfeld] // Успехи физики металлов. – 2003. – Vol. 4. – № 4. – P. 303–336.

28. Синтез и свойства стабильных наночастиц металлов / [Е.К. Баранова, А.А. Ревина, Л.И. Войно, В.И. Горбатюк] // Наночастицы в природе. Нанотехнологии и их создание в приложении к биологическим системам: материалы 1-го Российского научн.-метод. семинара (4 июня 2003 г.). – М., 2003. – С. 61–68.
29. Fine K.D. Intestinal absorbtion of magnesium from food and supplements / K.D. Fine, Ana CA Santa, J.I. Porter // J. Clin. Invest. – 1991. – Vol. 88. – P. 396–402.
30. Schroll A. The importance of magnesium in electrolyte homeostasis / A. Schroll // J. Magn. Res. – 1995. – № 8. – P. 64–71.
31. Особливості випадкових гнійних ран у собак / В.Б. Борисевич, Б.В. Борисевич, О.Ф. Петренко [та ін.] // Вісник Полтав. держ. аграрн. акад. – 2008. – № 2. – С. 121–124.
32. Петренко О.О. Застосування елементів нанотехнології у лікуванні кератитів / О.О. Петренко // Вет. медицина України. – 2008. – № 4. – С. 34–35.
33. Застосування очних желатинових плівок при гнійних кон'юнктивокератитах / В.Б. Борисевич, Б.В. Борисевич, В.О. Дорошук [та ін.] // Наук. вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – Київ, 2009. – Вип. 132. – С. 213–219.
34. Борисевич В.Б. Копытцевый рог крупного рогатого скота при обработке наночастицами металлов / В.Б. Борисевич, Б.В. Борисевич, В.Б. Борисевич // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2009. – № 10. – С. 42–46.
35. Борисевич В.Б. Лечение язвы Рустергольца наноаквахелатами металлов / В.Б. Борисевич, Б.В. Борисевич, П.К. Солонин // Ветеринарная медицина. – 2009. – № 3. – С. 32–37.
36. Опыт клинического применения нового препарата «Аргодерм» (гель), содержащего наночастицы серебра, в комплексном лечении при некоторых кожных заболеваниях и уретритах / Б.Т. Глухенький, В.И. Степаненко, Т.С. Коновалова [и др.] // Украинский журнал дерматологии, венерологии, косметологии. – 2011. – Вып. 41. – № 2. – С. 98–101.
37. Григорьев М.Г. Использование наночастиц серебра против социально значимых заболеваний / М.Г. Григорьев, Л.Н. Бабич // Молодой ученый. – 2015. – № 9. – С. 396–401.
38. Никберг И. Помогут ли нанотехнологии победить сахарный диабет? ДиаПрогноз / И. Никберг // Ліки України. – 2010. – Т. 146. – № 10. – С. 60–62.
39. Онищенко Г.Г. Правовые и теоретические предпосылки применения нанотехнологии и наноматериалов в диагностике, профилактике и лечении особо опасных инфекционных болезней / Г.Г. Онищенко, В.В. Кутырев, Д.В. Уткин // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2008. – № 6. – С. 93–97.
40. Harrison B. Carbon nanotube application for tissue engineering / B. Harrison, A. Atala // Ann. Biomed. Eng. – 2006. – Vol. 34. – P. 15–22.
41. Antifungal effect of silver nanoparticles on dermatophytes / K.J. Kim, W.S. Sung, S.K. Moon [et al.] // J. Microbiol. Biotechnol. – 2008. – Vol. 18. – № 8. – P. 1482–1484.
42. Ravikumar P. Antifungal activity of extracellularly synthesized silver nanoparticles from morinda citrifolia L / P. Ravikumar, S.S. Kumar // IJTRA. – 2014. – Vol. 2. – № 4. – P. 108–111.
43. Cheng M. Nanotechnologies for biomolecular detection and medical diagnostics / M. Cheng, G. Cuda // Current Opinion Chem. Biol. – 2006. – Vol. 10. – № 1. – P. 11–19.
44. Surendiran A. Novel applications of nanotechnology in medicine / A. Surendiran, S. Sandhiya, S.C. Pradhan // Indian J. Med. Res. – 2009. – № 130. – Vol. 12. – P. 689–701.
45. Lundgren A. Cline Scientific [Electronic resource] / A. Lundgren, M. Berglin // Access: <http://www.clinescientific.com/>
46. Hainfeld J.F. Nanoprobes USA [Electronic resource] / J.F. Hainfeld, J.W. Dubendorff, F.R. Furuyaj // Access: <http://www.nanoprobes.com>
47. Nanocs [Electronic resource] / J. Hellberg, P. Lemanczyk, F. Goetz [et al.] // Access: <http://www.nanocs.net>

48. Libutti S.K. CytImmune [Electronic resource] / S.K. Libutti, A.M.M. Eggermont, D.G.I. Kingston // Access: <http://www.cytimmune.com>
49. Дарьин Н.И. Наночастицы. Растворы наночастиц металлов [Электронный ресурс] / Н.И. Дарьин // Режим доступа: <http://www.nanomet.ru/>.
50. Патент України на корисну модель №29450. Спосіб отримання колоїдних металевих наночастинок «Ерозійно-вибухова нанотехнологія отримання колоїдних металевих наночастинок» / М.В. Косінов, В.Г. Каплуненко // МПК (2006) В01 J13/00; заявл. 03.10.2007; опубл. 10.01.2008, Бюл. № 1.
51. Патент України на корисну модель №28943. Спосіб керування ефектом самоконцентрації енергії в локальних мікрооб'ємах провідника, який, перебуваючи в пружному середовищі, що кавітує, знаходиться в електричному ланцюзі з розрядним проміжком / М.В. Косінов, В.Г. Каплуненко // МПК В22F 9/14 (2007.01); заявл. 27.08.2007; опубл. 25.12.2007, Бюл. № 21.
52. Нанотехнологія у ветеринарній медицині / В.Б. Борисевич, Б.В. Борисевич, В.Г. Каплуненко [та ін.]. – К.: Ліра, 2009. – 232 с.

**СОВРЕМЕННЫЕ ВЗГЛЯДЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
НАНОТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ**

Телятников А.В., Телятников К.А.

В данной обзорной статье представляется подробная характеристика наночастиц, пути их проникновения в биологические системы и взаимодействие с живыми клетками на атомарном уровне; описывается современное состояние применения наночастиц у домашних животных с лечебной целью и перспективы дальнейшего развития нанотехнологий в ветеринарной медицине.

Ключевые слова: свойства наночастиц, наночастицы металлов, лечение домашних животных.

**THE MODERN VIEWS CONCERNING USE OF NANOTECHNOLOGIES AT TREATMENT
OF DOMESTIC ANIMALS**

Telyatnikov A.V., Telyatnikov K.A.

The detailed description of nanoparticles, their ways of penetrating to biological systems and interacting with living cells at the atomic level have been given in this article, the current state of nanoparticles application in domestic animals for therapeutic purposes and the prospects for further development of nanotechnologies in veterinary medicine have been described.

Keywords: properties of nanoparticles, nanoparticles of metals, treatment of domestic animals.