

УДК: 619:615.27.2:577.17.049:636

ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ В ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ ТА ВЕТЕРИНАРНІЙ ФІЗІОЛОГІЇ (ОГЛЯДОВА СТАТТЯ)

Ніщененко М.П., Панько Я.І., Ємельяненко А.А.

Білоцерківський національний аграрний університет

Нанотехнології займають одне з основних місць в науково-технічному прогресі. Розробки на рівні атомів і молекул дозволяють все ширше застосовувати їх як в гуманній, так і ветеринарній медицині.

Перспективним напрямком є збагачення кормів для тварин есенціальними біометалами і використання їх у формі, в якій вони знаходяться і функціонують в організмі, а саме у вигляді цитратів, які при надходженні в клітину беруть безпосередню участь в циклі Кребса.

Ключові слова: наноматеріали, нанотехнології, ветеринарія, аквахелати, мікроелементи, германій, біогенні метали.

Вступ. В даний час досить актуальною є проблема забезпечення молодняка великої рогатої худоби макро- та мікроелементами, адже солі мікроелементів погано засвоюються (на 35–55 %) та завдають значного шкідливого впливу на навколишнє середовище. Альтернативою солей мікроелементів є наноаквахелати металів, засвоюваність яких становить 90–95 %. Завдяки своїм розмірам до 100 нм вони легко проходять через клітинну мембрану, швидко засвоюються та розщеплюються.

На сьогоднішній день основні життєво необхідні мікроелементи синтезуються та виготовляються в промислових масштабах. Саме вони уже широко використовуються у ветеринарних лікарських препаратах та дезінфікуючих засобах. В майбутньому наноаквахелати металів усунуть проблему нестачі макро- та мікроелементів у кормах, а знешкодження мікроорганізмів буде відбуватись органічним методом без застосування шкідливих і досить токсичних дезінфектантів.

Матеріали та методи досліджень базувались на аналізі літературних джерел за даною темою.

Результати досліджень. Двадцять перше століття розпочалось стрімким розвитком нанотехнологій. Спеціалістами державної програми США «Національна нанотехнічна ініціатива», яка створена в 2000 році, проводяться дослідження на атомарному, молекулярному або макромолекулярному рівнях шкалою 1–100 нм для одержання фундаментальних знань про природу явищ і властивостей різних матеріалів, а також для створення нових структур, що набувають нових якостей завдяки своїм незначним розмірам [1–6].

Наука про нанотехнології зародилася і отримала інтенсивний розвиток на стику різних наук – фізики, хімії, матеріалознавства, біології, електроніки і комп'ютерної техніки. Основоположником, який започаткував розвиток нанотехнології, був американський фізик – лауреат Нобелівської премії Фейнман Р. У 1959 році він висловив припущення, що в майбутньому багато матеріалів та пристроїв будуть виготовлятися на атомарному та молекулярному

рівні, а це, в свою чергу, допоможе отримувати матеріали з небаченими досі властивостями [4].

Однак уперше термін «нанотехнологія» застосував японський фізик, професор Токійського університету Норіо Танігучі в 1974 р. у доповіді «Про концептуальні основи нанотехнології» на Міжнародній конференції «*International Conference on Precision Engineering*» [4–6].

Нанотехнологія (*Nanotechnology*) – сукупність наукових знань, способів і засобів, які спрямовані на регулювання утворення (синтезу) із окремих атомів та молекул різних речовин, матеріалів і виробів із лінійним розміром елементів структури до 100 нм (1 нм = 10^{-9} м; 1 нм = 10 А) [5–7].

Передбачається, що розвиток та впровадження результатів нанотехнологій в майбутньому буде базуватися на таких напрямках:

I. Розроблення нових економічно вигідніших методів синтезу наноматеріалів та реєстрації величини наночастинок.

II. Створення нових наноматеріалів для промисловості, авіації, космічної техніки та інших галузей народного господарства.

III. Впровадження наноматеріалів для інформаційних технологій, електроніки і комп'ютеризації виробництва.

IV. Розроблення нанобіотехнологій у медицині та впровадження отриманих нанобіосенсорів, нанореактивів для біологічних досліджень та сільського господарства.

V. Створення нових нанопрепаратів для діагностики та лікування різних хвороб людини і тварин [7].

На сьогоднішній день розроблено такі методи синтезу наноматеріалів: 1.) газовий; 2.) плазмохімічний синтез; 3.) електронно-променева технологія [6–7].

В Інституті металофізики ім. Г.В. Курдюмова розроблено методи одержання нанорозмірних дисперсних систем за допомогою електровибуху провідників і електричною пробою рідких середовищ. Ця методика дозволяє отримувати нанопорошки металів, а також вуглецеві наноматеріали: наноалмази, нанотрубки та фулерени. Установлено високу сорбційну активність нанодисперсного апатиту кальцію, який можна застосовувати як трансплантат при переломах кісток [11, 21].

В Інституті загальної та неорганічної хімії ім. В. Вернадського національної академії наук України винайшли технологію синтезу «дрібнодисперсних систем із сажі» (її згодом назвали нанотрубки) і методику розчинення металів у полімерному середовищі, яку застосовують під час магнітного запису інформації та хімічного одержання наночастинок [11].

Виходячи з аналізу літературних даних, можна констатувати, що у ветеринарній медицині і тваринництві в перспективі будуть використовуватись наноматеріали чотирьох груп за хімічним складом:

А.) вуглецеві наночастки;

Б.) наночастки простих речовин, в тому числі активних металів;

В.) наночастки бінарних сполук;

Г.) препарати наночасток складних речовин.

Нанотехнології займають основні місця у науково-технічному прогресі. Їх широко застосовують у медицині та електроніці. Розробки на рівні атомів і молекул є великим кроком в майбутньому як для гуманної, так і ветеринарної медицини.

Веліхов Є., оцінюючи значення нанотехнологій для сільськогосподарського комплексу та дані про запаси Землі, звернув увагу на важливість нанотехнологій для майбутнього: "без інтенсивного переходу на нанотехнології не буде шансів виживання в цілому на планеті" [7]. Саме це спонукає до детального вивчення та застосування нанотехнологій і нанохелатів на тваринах, так як в даний час відбувається широкомасштабне впровадження нанопродукції у ветеринарну медицину і тваринництво.

У фундаментальних наукових дослідженнях українські науковці займають вагомі позиції, проте у напрямку практичного впровадження нанотехнологій і розвитку індустріального виробництва, наша держава суттєво відстає від лідерів світового ринку [8].

Необхідно звернути увагу на необхідність поглибленого вивчення фізіологічних, біохімічних та фізико-хімічних механізмів дії нових нанопрепаратів, а також розроблення фармацевтичних технологій отримання адекватних лікарських форм за для їх успішного застосування на практиці. Крім того, однією із важливих властивостей наночастинок є їх здатність виступати переносником фізіологічно активних речовин у лікарських засобах [12–15].

Встановлено, що магнітні наночастинок, на які нанесено антитіла та фрагменти ДНК, мають властивість посилювати сигнал із численних маленьких біомолекул [14]. Це дозволяє діагностувати різні хвороби на ранніх стадіях й ефективніше їх лікувати.

Водночас синтез наночастинок, які мають властивість ад'ювантів, та їх з'єднання з антигеном (вірусом, бактерією чи їх фрагментами) дає можливість створювати вакцини нового покоління. Так, в галузі ветеринарії безліч наночастинок використовують з метою виявлення вірусних, паразитарних та бактеріальних патогенів [9, 10, 22].

Доведена можливість успішного застосування кон'югатів та носія для практично повного пригнічення експресії пріонів в організмі. Таким чином, перспективним є здатність наносполук долати гематоенцефалічний бар'єр і впливати на розвиток патологічного процесу в мозку тварин [19].

Малі розміри та різноманітність форм наночастинок дають можливість зв'язуватись з білками, нуклеїновими кислотами, проникати в клітинні органели, вбудовуватись в мембрани і, таким чином, змінювати функції біоструктур. Велика питома поверхня наночастинок збільшує їх адсорбційну ємність, хімічну реакційну спроможність і каталітичні властивості [18].

Розвиток нанотехнології може вирішити одну із основних проблем світового рівня – дефіцит мінеральних речовин і вітамінів в харчуванні населення. Українськими вченими на сьогоднішній день розроблений

пріоритетний напрямок в області нанотехнологій, реалізація якого дозволила синтезувати і в промислових масштабах виготовляти основні життєво необхідні біогенні мікроелементи, аналогічні до тих, що синтезуються в природі (цинк, магній, марганець, кобальт, залізо, мідь, хром, молібден, срібло, германій, ванадій), але у легкозасвоюваній формі, з високою біодоступністю. При отриманні мікроелементного комплексу, в якості хелатних агентів використовуються також харчові кислоти [16, 19].

Отримання безпечної, легкодоступної форми мікроелементів (цинку, селену і германію) здешевлює собівартість та дозволяє налагодити їх масове виробництво [17].

У світі, таким чином, буде вирішено проблему насичення кормів для тварин життєвонеобхідними біогенними мікроелементами (цинком, германієм, селеном), які раніше використовувались у вигляді неорганічних солей, і лише незначною мірою засвоювались організмом. Використання мікроелементів застарілими методами призводить до накопичення солей неорганічних металів в доквіллі, погіршення екологічного стану, зниження якості отриманих продуктів харчування [18].

В даний час розроблено та апробовано у ветеринарній практиці перші наноматеріали, які відповідають всім умовам щодо функціональних нанобіоматеріалів і отримали назву наноаквахелати [20, 25].

За своєю будовою ці функціональні нанобіоматеріали є комплексними сполуками, в яких у ролі комплексоутворювача виступають наночастинки, електричнозаряджені зі знаком «мінус», тобто функціональний стан наночастинок збільшується за рахунок наявності на їх поверхні електричних зарядів. Отримання саме таких наночастинок дає ерозійно-вибухова нанотехнологія [19, 25], яка заснована на новому фізичному ефекті в галузі концентрації високих енергій [20].

В майбутньому перспективним напрямком є збагачення кормів для тварин есенціальними біметалами та використання їх саме у тих формах, в яких вони функціонують в організмі – у формі карбоксилатів харчових кислот та у вигляді цитратів [22].

У характеристиці наноматеріалів особливо важливими є розчинність, розмір частинок, а також можливість проникати через біологічні мембрани. Так, розчинність нанорозмірної речовини буде впливати на вибір складу препарату та аналітичного методу дослідження. Розмір частинок також повинен бути оптимальним, оскільки величина частинок має свої межі не тільки з точки зору технології, але й з точки зору біодоступності та безпечності [9, 16]. Не можна вважати виправданим бажання отримати якомога менший розмір частинок речовини, оскільки зменшення її розміру може викликати інактивацію речовини, швидке виведення з організму або прояв небажаної дії на організм. Так, встановлено, що фізіологічно обґрунтованим є розмір наночастинок не менше 5–7 нм, при цьому вони збираються у кластери, в яких частинки не торкаються одна до одної, а перебувають на відстані 2–3 нм. Якщо розміри частинок зменшуються до 2 нм і менше, то на таких відстанях у реакціях

з'являється квантова складова, а значить, їх поведінка стає непередбачуваною [21, 23, 24].

На кафедрі нормальної та патологічної фізіології тварин Білоцерківського НАУ вивчається вплив наночасток Zn, Se, Ge на фізіологічний стан, обмін речовин у перепелів, молодняку великої рогатої худоби і курей. Зокрема, вивчався вплив селену і германію на рівень пероксидного окиснення та активність ферментів антиоксидантного захисту у перепелів, а також вплив на ріст та розвиток молодняку великої рогатої худоби.

Також були проведені досліді з вивчення впливу наноаквахелатів германію на організм перепелів та зміни антиоксидантного захисту організму птиці в ембріональному періоді її розвитку.

Встановлено що германій, потрапляючи в кров, поводиться аналогічно до гемоглобіну. Зокрема виявлено, що кисень, який він переносить до тканин організму, сприяє нормальному функціонуванню всіх життєвих систем організму і попереджає розвиток кисневої недостатності в органах [25, 26]. Найбільш чутливими до гіпоксії є центральна нервова система, м'язи серця, тканини нирок і печінки.

Крім того, германій у складі органічних сполук сприяє продукуванню гамма-інтерферону, який пригнічує процеси розмноження мікробних клітин, активує макрофаги і специфічні клітини імунітету (Т-клітини) [27, 28, 29]. Германій затримує розвиток злоякісних новоутворень і перешкоджає появі метастазів, а також має захисні властивості від радіоактивного опромінення. Механізм впливу Ge пов'язують із взаємодією атома з негативно зарядженими частинками пухлинних утворень, що позбавляє пухлинну клітину «зайвих» електронів, підвищуючи електричний заряд, і призводить до її загибелі [30, 31, 32, 33].

При аналізі стану окисної модифікації білків у дослідних варіантах в порівнянні з контролем, спостерігали на 9 і 15 добу інкубації лише тенденцію до зменшення їх вмісту у першому та другому дослідних варіантах [30]. В критичні періоди розвитку ембріонів, збільшення концентрації ендogenous синтезу активних форм кисню, до яких належать як вільні радикали, так і молекули з вираженими окиснювальними властивостями, призводить до модифікації ліпідів, білків, вуглеводів та порушенням їх метаболізму, що негативно впливає на стан антиоксидантного захисту.

При детальному аналізі впливу наноаквахелату германію, було встановлено, що доза 2,5 мкг/кг викликала незначне зменшення, порівняно з контролем, первинних і вторинних продуктів пероксидного окиснення та стану системи антиоксидантного захисту. Доза 5,0 мкг/кг викликала достовірне зменшення вмісту продуктів пероксидації ДК, МДА, ОМБ та активності ензимів системи АОЗ, що відображає ослаблення окиснювальних процесів та захист тканин печінки ембріонів перепелів у критичні періоди їх розвитку. У той же час, доза аквахелату германію 7,5 мкг/кг, викликала підвищення концентрації активних форм кисню та, як наслідок, сприяла розвитку оксидативного стресу.

В останні роки увагу вчених привернув германій, який стимулює розвиток імунітету, допомагає гемоглобіну в перенесенні кисню, стимулює утворення інтерферону [34].

Також на кафедрі проводяться дослідження по вивченню впливу комплексу наноаквахелатів Ge, Zn на вітамінний обмін (зокрема вітамінів А і Е), їх синергізм, вплив на обмін речовин [36].

Нанохелат цинку входить до складу карбоксипептидаз підшлункового соку, які гідролізують поліпептиди, стимулює активність шлункового соку, трипсину, тому його нестача спричиняє розлади білкового обміну, зменшує всмоктування продуктів гідролізу протеїну [38, 39]. Цинк сприяє всмоктуванню вітаміну Е, його нестача може призвести до дефіциту вітаміну А.

На телятах з групи дорощування проводили дослідження із застосуванням цинку та германію. Було відмічено, що вірогідна різниця вмісту вітаміну А у тварин контрольної і дослідної груп відсутня, але тенденція до зростання його кількості чітко проявляється у тварин другої групи $28,72 \pm 0,8$ мкг/100мл ($p < 0,05$) після 15 дня застосування наноаквахелатів, та $29,63 \pm 0,59$ ($p < 0,01$) – після 45 дня досліджу.

За дослідження сироватки крові телят контрольної та трьох дослідних груп на початку експерименту відмічено, що вміст вітаміну А був практично однаковим. Проте в другій дослідній групі на 45-й день досліджу відмічалась тенденція до зростання вмісту вітаміну А. При цьому наноаквахелати Zn і Ge випоювали тваринам другої групи з водою у дозах: Zn 0,6 мг/л, Ge 0,16 мг/л. Дані зміни зумовлені тим, що цинк виконує стимулюючий вплив на метаболізм ретинолу в шлунково-кишковому тракті і печінці. Він стимулює окиснення β -каротину та послідовно етерифікацію утворених продуктів, підсилює синтез вітаміну А у стінці кишків. Таким чином підвищується А-вітамінний статус у телят.

Висновки.

Аналіз даних літератури та результатів власних досліджень дозволяє визначити такі напрями наукових розроблень у сфері нанотехнологій, нановетеринарії:

1. Розроблення нових технологій отримання наночастинок, особливо композитів органічного та неорганічного походження, урахувавши не тільки виробничі аспекти, але й економічні та соціальні фактори.

2. Розроблення та впровадження на кафедрі нормальної та патологічної фізіології тварин Білоцерківського НАУ шляхів підвищення продуктивності та приростів живої маси тіла телят та перепелів із застосуванням наноаквахелатів цинку, германію та селену.

3. Створення на основі сучасних нанотехнологій нових лікарських засобів і форм для парентерального застосування та вивчення механізмів терапевтичної дії таких нанопрепаратів за хвороб з причини порушення обміну речовин у тварин.

4. Дослідження фізіологічного росту і розвитку тварин та птиці під час використання наноаквахелатів, визначення їх оптимальних доз на певному етапі життя.

5. Встановлення всіх аспектів взаємодії наноструктур із організмом тварини, птиці та зовнішнім середовищем. Слід зауважити, що нанотехнології і нанопродукти жодним чином не спровокують ріст падіжу тварин, зміну клімату, не призведуть до погіршення здоров'я людей.

Список літератури.

1. Трахтенберг І.М. Наночастинки металів, методи отримання, сфери застосування, фізико-хімічні та токсичні властивості / І.М. Трахтенберг, Н.М. Дмитруха // Укр. журн. з проблем медицини праці. – 2013. – № 4 (37). – С. 62–74.
2. Алфимов М.В. Нанотехнологии: определения и классификация / М.В. Алфимов, Л.М. Гохберг, К.С. Фурсов // Рос. нанотехнологии. – 2010. – № 8 (7–8). – С. 8–15.
3. Нанотехнології у XXI столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження : монографія / [Г.О. Андрощук, А.В. Ямчук, Н.В. Березняк та ін.]. – К. : Укр ІНТЕІ, 2011. – 275 с.
4. Чекман І.С. Наночастинки: властивості та перспективи застосування / І.С. Чекман // Укр. Біохім. Журн.– 2009.– № 1. – С. 122–129.
5. Introduction to nanotechnology: potential applications in physical medicine and rehabilitation / A. T. Gordon, G.E. Lutz, M.L. Boninger [et al.] // Am. J. Phys. Med. Rehabil. – 2007. – № 3. – Р. 11–29.
6. Roco M. C. Possibilities for global governance of converging technologies / M. C. Roco // J. Nanopart Res. – 2008. – 10. – Р.11- 29.
7. Патон Б. Наука і нанотехнології: технічний, медичний та соціальний аспекти / Б. Патон // Вісник національної академії наук України. – 2009. – № 6. – С. 18–26.
8. Бусол В.О. Методичні підходи до оцінки та безпечності використання наноматеріалів у ветеринарній медицині й тваринництві / В.О. Бусол, Л.В. Бусол, Л.В. Коваленко // Ветеринарна медицина. – 2011. – С. 325–327.
9. Kumanan V. A biosensor assay for the detection of *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis* in fecal samples / Kumanan V, Nugen S.R, Baeumner A.J, Chang Y.F.// Journal of Veterinary Science. – 2009. – Vol. 10 (2). – Р 35–42.
10. Yuan P. Multicolor quantum dot-encoded microspheres for the fluoroimmuno assays of chicken new castle disease and goat pox virus. / Yuan P., Ma Q., Meng R., Wang C., Dou W., Su X.// Journal of Nanoscience and Nanotechnology. – 2009. – Vol. 9 (5). P. 3092–3098.
11. Волков С.В. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали / Волков С.В., Ковальчук Є.П., Огенко В.М., Решетняк О.В. – К.: Наукова думка, 2008. — 423 с.
12. Балабанов И.В. Нанотехнологии / В. И. Балабанов // Наука будущего. – М. : Эксимо, 2009. – С. 215–220.
13. Нанотехнології в сучасному сільському господарстві / О.В. Ситар, Н. В. Новицька, Н. Ю. Таран [та ін.] // Фізика живого. – 2010. – № 18. – С. 113–116.
14. Фастовець П. М. Класифікація наноструктурових матеріалів для інженерії поверхні металів машин / П.М. Фастовець // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 5 (57). – С. 19–25.
15. The Water-soluble fullerene derivative “radical sponge” exerts cytoprotective action against UVA irradiation but not visible-light-catalyzed cytotoxicity in human skin keratinocytes / L. Xiao, H. Tascada, X. Gan, N. Miva // Bioorg. Med. Chem. Lett. – 2006. – 16. – Р. 1590–1595.
16. Линник В.А. Перспективные направления исследований в области нанобиотехнологий / В.А. Линник // Галицький лікарський вісник. – 2013. –Т. 20, № 4 – С. 135–137.
17. Сердюк А.М. Політика в галузі харчування населення – головний пріоритет держави / А.М. Сердюк, М.П. Гуліч //Довкілля та здоров'я. – 2002. – № 3. – С. 8–11.

18. Каплуненко В. Г. Науково технічний бюлетень Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного інституту ветпрепаратів і кормових добавок / В. Г. Каплуненко, І.К. Авдос'єва. – 2014. – Вип. 15, №4.– С. 252–260.
19. Патент на корисну модель 29855 Україна, МПК (2006) А61N1/40 В01J 13/00 Н01J19/00. Спосіб отримання негатавно заряджених наночастинок «Ерозійно-вибухова нанотехнологія отримання негатавно заряджених наночастинок» / Косінов М. В., Каплуненко В. Г. – № u2007 11782; Заявник та патентоволодар — Косінов М. В., Каплуненко В. Г.; Заявл. 25.10.2007 Опубл. 25.01.2008, Бюл. № 2.
20. Патент на корисну модель 28943 Україна, МПКВ 22F9/14 Спосіб керування ефектом самоконцентрації енергії в локальних мікрооб'ємах провідника, який, перебуваючи в пружному середовищі, що кавітує, знаходиться в електричному ланцюзі з розрядним проміжком / Косінов М. В., Каплуненко В. Г. ; Заявник та патентоволодар — Косінов М. В., Каплуненко В. Г. — № u2007 09952; Заявл. 05.09.2007; Опубл. 25.12.2007, Бюл. № 21.
21. Бандас І.А. Наночастинки: важливість сьогодні, класифікація, використання в медицині, токсичність. І.А. Бандас, І.Я. Криницька, М.І. Куліцька, М.М. Корда // Медична та клінічна хімія. – 2015. – Т. 17. № 3 – С. 123–130.
22. Vlizlo V.V. Definition deoxynucleotide oligo complexes with polymer carriers / Vlizlo V.V., Zaichenko O.S., Ivanytska L.A., Kozak M.R., Ostapiv D.D. // Biotechnologia acta. – 2013. – Vol. 6, № 5. – P 94–99.
23. Влізло В.В. Нанобіотехнологія. Сучасність та перспективи розвитку / В.В. Влізло, Р.Я. Іскра, Р.С. Федорук // Біологія тварин. – 2015. – т. 17, №4.
24. Еббінг Б. Новітні підходи в годівлі жуйних тварин / Еббінг Б. // Ветеринарна практика. – 2014. –№ 4 –С. 34–37.
25. Хомин М.М. Биохимические процессы в организме коров при скармливанні наносоединений микроэлементов. / Хомин М.М. [и др.] // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знака почета гос. ак. вет. ме. 2017. – Т. 53, №1. – С. 279–282.
26. Пожарицкий А.Ф. Исследование комплексных соединений германия с некоторыми оксикислотами: дис. канд. хим. наук: 02.00.01. Одесса, 1974. –129 с.
27. Витамины и микроэлементы. Германий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurolab.ua/vitamins/36328/>
28. Федорук Р.С. Вплив цитратів германію та селену на вміст ліпідів і важких металів в організмі медоносних бджіл. / Федорук Р. С., Ковальчук І. І., Романів Л.І., Храбко М.І. //Біологія тварин. – 2014. – Т. 16, № 2. – С. 141–149.
29. Химический элемент германий в медицине. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lqm.ru/ingredients/minerals/germany.php>
30. Германий антиоксидант и антигипоксикант. [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.pharmacognosy.com.ua/index.php/makro-i-mikro-chudesia/germanij-antioksidant-i-antigipoksant>
31. Органічний германій та його застосування в медицині. [Електронний ресурс] – Режим доступу:<http://mediclab.com.ua/index.php?newsid=15185>
32. Яблонська О.В. Герматранол як імуностимулятор при вирощуванні телят / О.В. Яблонська // Вісник ДАУ. – 2002. – № 1. – С. 56–62.
33. Mohammed Amr El-Missiry Antioxidant enzyme/ Mohammed Amr El-Missiry // – Egypt. – 2012. – 410 p.
34. Zinko G.O. Vpliv preparativ selenu ta germaniju na okremi lanki patogenezu gastroenteritu u teljat / G.O. Zinko, L.G. Slivins'ka // Biologija tvarin. – Lviv, 2015. – Tom 17, №2.– S. 57–64.
35. Kravciv R.J. Vpliv helatnih spoluk mikroelementiv na metabolichni procesi ta produktivnist' tvarin / R.J. Kravciv, M.Z. Paska // Nauk. visnik L'viv. derzh. akad. vet. medicini. – L'viv, 2001. – Т. 3 (1). – S. 24–30.
36. Vlizlo V.V. Doslidzhennja citotoksichnosti kompleksiv mikroelementiv z polimernimi nanonosijami / V.V. Vlizlo , D.D. Ostapiv , B.O. Cheh , M.I. Nagornjak, V.V. Oleksa // Biologija

tvarin. – L'viv, 2017. – Tom 1, № 19. – S. 29–36.

37. Nakamura T. The oral intake of organic germanium, ge-132, elevates α -tocopherol levels in the plasma and modulates hepatic gene expression profiles to promote immune activation in mice / T. Nakamura, T. Takeda, Y. Tokuji // International Journal for Vitamin and Nutrition Research. – 2015. – Vol. 84, № 3–4. – P. 0183–0195.

38. Hunt J. R. Adaptation in human zinc absorption as influenced by dietary zinc and bioavailability / J. R. Hunt, J. M. Beiseigel, L. K. Johnson // Am. J. Clin. Nutr. – 2008. – Vol. 87, № 5. – P. 1336–1345.

39. Powell S.R. The antioxidant properties of zinc / S.R. Powell // Nutr. – 2000. – Vol. 130. – P. 1447–1454.

Нанотехнологии в ветеринарной медицине и ветеринарной физиологии (обзорная статья). Нищенко М.П., Емельяненко А.А., Панько Я.И.

Нанотехнологии занимают одно из основных мест в научно-техническом прогрессе. Разработки на уровне атомов и молекул позволяют все шире применять их как в гуманной, так и ветеринарной медицине.

Перспективным направлением есть обогащение кормов для животных эссенциальными биометаллами и использования их в форме, в которой они находятся и функционируют в организме, а именно в виде прежде всего цитратов, которые при попадании в клетку непосредственно участвуют в цикле Кребса.

Ключевые слова: наноматериалы, нанотехнологии, ветеринария, аквахелаты, микроэлементы.

Nanotechnology in veterinary medicine and veterinary physiology (review article). Nishchenko MP, Emelyanenko AA, Panko Ya.I.

Nanotechnologies occupy one of the main places in the scientific and technical progress. Developments at the level of atoms and molecules make it increasingly possible to apply them both in humane and veterinary medicine.

A promising direction is the enrichment of feed for animals with essential biometals and their use in the form in which they are and function in the body, namely in the form of primarily citrates, which upon entering the cell are directly involved in the Krebs cycle.

Keywords: nanomaterials, nanotechnology, veterinary medicine, aquaculture, trace elements.