



review article | UDC 636.4.08 | doi: 10.31210/visnyk2019.04.15

THE LATEST ASPECTS OF PIG MINERAL NUTRITION
S. O. Usenko,

 ORCID ID: [0000-0001-9263-5625](https://orcid.org/0000-0001-9263-5625), E-mail: sveta_usenko@ukr.net,

A. S. Siabro,

 ORCID ID: [0000-0001-6808-2223](https://orcid.org/0000-0001-6808-2223), E-mail: siabro.aliona@gmail.com,

V. I. Bereznytskyi,

 ORCID ID: [0000-0002-3261-2066](https://orcid.org/0000-0002-3261-2066), E-mail: viktor.bereznytskyi@pdaa.edu.ua,

Ye. V. Chukhlib,

 ORCID ID: [0000-0001-5547-1692](https://orcid.org/0000-0001-5547-1692), E-mail: ievgenii.chukhlib@pdaa.edu.ua,

V. G. Slynko,

 ORCID ID: [0000-0002-1673-5840](https://orcid.org/0000-0002-1673-5840), E-mail: viktor.slynko@pdaa.edu.ua,

O. I. Myronenko,

 ORCID ID: [0000-0002-6067-3755](https://orcid.org/0000-0002-6067-3755), E-mail: olemyr@ukr.net,

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

The paper deals with modern ideas concerning pig mineral nutrition. The latest data on the influence of micro-elements on physiological processes in the body, through the activity of enzymes, hormones and vitamins are presented. It has been stated that micro-elements are involved in the biosynthesis of proteins, nucleic acids, ensure lipid metabolism and synthesis of separate hormones of the thyroid gland, pancreas and pituitary gland. Iron, zinc, copper, selenium and magnesium have been found to have a significant effect on the productivity of animals and play a special role in the reproductive capacity of sows. With insufficient or excessive content of minerals in the diet, there is a decrease in the vital and reproductive functions of the animal organism. The new directions of pig mineral nutrition have been considered and it has been found out that, unlike salts of metals, the chelate compounds of micro-elements in the digestive tract interact better with feed biologically active substances, have lower toxicity and are almost completely absorbed in the intestine, retaining their properties. Various sizes and shapes of nanoparticles enhance their ability to bind proteins, nucleic acids, penetrate cellular organelles, integrate into membranes, and thus affect the functions of bio-structures more effectively. This enables to reduce the doses of introducing the salts of micro-elements into the organism, which prevents the environmental pollution with metals. It has been determined that due to a wide spectrum of microelements' chelate compounds action reproductive function indices are significantly improved: sows prolificacy, heavy farrowing, litter weight and milk productivity increase, the preservation of piglets before and after weaning improves; sperm motility, survival and heat resistance of breeding boars, improving sperm fitness for long-term storage are increased. Including chelate micro-elements in the diet contributes to the increase in pig live weight, slaughter output, and improvement of meat physical-chemical properties.

Key words: micro-elements, chelates, pigs, productivity, reproduction.

НОВІТНІ АСПЕКТИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ СВИНЕЙ

С. О. Усенко, А. С. Сябро, В. І. Березницький, Є. В. Чухліб, В. Г. Слинко, О. І. Мироненко,
Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Висвітлені сучасні уявлення щодо мінерального живлення свиней. Викладено новітні дані щодо впливу мікроелементів на фізіологічні процеси в організмі через активність ензимів, гормонів та вітамінів. Встановлено, що мікроелементи беруть участь у біосинтезі білків, нуклеїнових кислот, забезпечують ліпідний обмін та синтез окремих гормонів щитоподібної, підшлункової залози та гіпо-

фіза. Виявлено, що залізо, цинк, мідь, селен та магній мають істотний вплив на продуктивність тварин та особливу роль відіграють у репродуктивній здатності свиноматок. При недостатньому або надмірному вмісті мінеральних речовин у раціоні, спостерігається зниження життєвих та відтворювальних функцій тваринного організму. Розглянуто нові напрями мінерального живлення свиней та виявлено, що на відмінну від солей металів хелатні сполуки мікроелементів у травному каналі краще взаємодіють з біологічно активними речовинами корму, мають нижчу токсичність та майже повністю всмоктуються в кишечнику, зберігаючи свої властивості. Різноманітні розміри та форми наночастинок підсилюють їх здатність зв'язуватися з білками, нуклеїновими кислотами, проникати у клітинні органели, вбудовуватися в мембрани і, таким чином, більш ефективно впливати на функції біоструктур. Це дає змогу зменшити дози введення до організму солей мікроелементів, що запобігає забрудненню навколишнього середовища металами. Встановлено, що завдяки широкому спектру дії хелатних сполук мікроелементів істотно покращуються показники відтворювальної функції: у свиноматок підвищується багатоплідність, великоплідність, збільшується маса гнізда та молочність, покращується збереженість порослят до та після відлучення; у кнурів-плідників підвищується рухливість, виживаність та терморезистентність сперміїв, що сприяє придатності сперми до тривалого зберігання. Включення до раціонів хелатних мікроелементів сприяє збільшенню живої маси свиней, підвищенню забійного виходу та покращенню фізико-хімічних властивостей м'яса.

Ключові слова: мікроелементи, хелатні сполуки, свині, продуктивність, відтворення.

НОВЫЕ АСПЕКТЫ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ СВИНЕЙ

С. А. Усенко, А. С. Сябро, В. И. Березницкий, Е. В. Чухлеб, В. Г. Слинко, Е. И. Мироненко,
Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Проанализированы современные тенденции в минеральном питании свиней. Изложены новейшие данные о влиянии микроэлементов на физиологические процессы в организме. Доказано, что микроэлементы участвуют в биосинтезе белков, нуклеиновых кислот, обеспечивающих липидный обмен и синтез отдельных гормонов. Выявлено, что железо, цинк, медь, селен и магний оказывают существенное влияние на продуктивность животных и особую роль играют в репродуктивной способности свиноматок. Рассмотрены новые направления минерального питания свиней и обнаружено, что в отличие от солей металлов хелатные соединения микроэлементов в пищеварительном канале лучше взаимодействуют с биологически активными веществами корма, имеют низкую токсичность и почти полностью всасываются в кишечнике, сохраняя свои свойства. Это позволяет уменьшить дозы введения в организм солей микроэлементов, предотвращая при этом загрязнение окружающей среды металами. Установлено, что благодаря широкому спектру действия хелатных соединений микроэлементов, существенно улучшаются показатели воспроизводительной функции у свиноматок и хряков-производителей.

Ключевые слова: микроэлементы, хелатные соединения, свиньи, продуктивность, воспроизведение.

Ріст, розвиток, продуктивність та стан здоров'я сільськогосподарських тварин перебувають у тісному взаємозв'язку з протіканням метаболічних процесів, залежно від фізіологічного стану їх організму. Це вимагає розроблення ефективних програм нормованої годівлі, що забезпечують підтримання життєвих функцій організму тварини і сприяють отриманню від них високоякісної продукції. Рівень забезпечення мінеральними речовинами залежить від їхньої кількості в кормах та воді. Вміст мінеральних речовин у кормах залежить від кліматичних умов, типу ґрунтів, виду рослин та періоду їх вегетації, а також дотримання технологій збирання та зберігання. Тому часто спостерігається надлишок одних і нестача інших мікроелементів, що знижує ефективність використання корму.

При організації годівлі великої рогатої худоби, свиней, овець та коней раціони традиційно нормують за вмістом сухої речовини, обмінної енергії, сирової клітковини, сирого та перетравного протеїну, крохмалю, сирого жиру, кальцію, фосфору, заліза, цинку міді, магнію, кобальту, каротину, йоду, водорозчинних та жиророзчинних вітамінів, кількістю кормових одиниць [3].

Важливість нормованої годівлі визначається впливом її на відтворювальну здатність, що є основою збільшення поголів'я [43]. Якість і рівень годівлі часто має визначальний вплив на формування статевої функції в молодих та дорослих тварин, утворення статевих клітин, забезпечення запліднення й розвитку ембріонів. При недостатньому збалансуванні загальної поживності раціонів спостерігається зниження життєвих та відтворювальних функцій тваринного організму, що призводить до при-

пинення овуляції в самок та втрати рефлексу статевого збудження в самців. Недоречною також вважається надмірна (понад нормована) годівля, що призводить до ожиріння та спричинює погіршення (зниження) відтворювальної здатності тварин [14, 26].

При організації повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин особливу увагу надають задоволенню потреби у макро– та мікроелементах. Традиційно мікроелементи вводять у вигляді неорганічних солей, але нині як альтернативну заміну для підвищення конверсії цих речовин в організмі, використовують їх хелатні комплекси [6, 7, 9, 15, 33].

Мікроелементи характеризуються широким спектром дії на організм та продуктивність свиней, через активність ензимів, гормонів та вітамінів, у яких вони містяться в певній кількості та виступають у ролі активатора чи інгібітора. Детальне вивчення біологічної дії мікроелементів дає змогу проаналізувати перспективи в регулюванні активності гормонів, вітамінів та ферментів.

Серед мікроелементів, які суттєво визначають продуктивність тварин провідна роль належить селену, який є активатором синтезу та обміну гормону щитоподібної залози, що регулює ріст, розвиток, функції багатьох органів та систем організму. Цей мікроелемент підвищує вміст імунних тіл та знижує дію алергенів. У поєднанні з вітамінами А, Е, С та β -каротином селен має здатність блокувати дію важких металів (свинець, ртуть, кадмій), що надходять до організму із забрудненого навколишнього середовища [19]. Дефіцит селену в організмі супроводжується анемією, серцевою міопатією, дистрофією печінки, зниженням резистентності, абортіванням і безпліддям [29].

Селен характеризується високою біохімічною активністю та спільно з вітаміном Е регулює пероксидне окислення ліпідів. У разі нестачі вітаміну Е потреба в селені зростає [44]. Дефіцит селену і токоферолу затримує перетворення метіоніну в цистин, що спричиняє м'язову дистрофію [41]. Це вимагає особливої уваги до нормування цього елемента у згодовуваних кормах, де потреба в ньому змінюється залежно від віку, фізіологічного стану та рівня продуктивності тварин.

Результати численних досліджень свідчать про істотну дію цинку на формування відтворювальної здатності, імунного стану організму та в забезпеченні кровотворення. Цей мікроелемент є структурним компонентом й активатором (виступає синергістом) ензимів, контролює біосинтез білка, нуклеїнових кислот, ліпідний обмін та синтез окремих гормонів [1, 22, 37, 42, 46].

Магній є одним з головних активаторів ензимів, що забезпечують перенесення фосфатних груп при розщепленні АТФ, бере активну участь у формуванні кісток, регулює роботу м'язових та нервових волокон, а також забезпечує акумуляцію кальцію в організмі. Оскільки засвоєння магнію в організмі тварин з корму складає 50–60 %, що часто спричиняє його дефіцит, який супроводжується підвищеною збудливістю, слабкістю кісток, м'язовими судомами, оскільки підвищується вивільнення кальцію з організму [1, 7, 8].

Особливо важлива роль заліза в перші періоди постнатального розвитку тварин під час настання анемії, що проявляє себе після полового окислювального стресу при переході від анаеробного до аеробного дихання новонароджених. Цей мікроелемент, входячи до низки ензимів – пероксидази, оксидази, каталази і цитохромних ферментів, забезпечує ріст, розвиток і розмноження тварин [7, 8, 45].

Існує вагомий взаємозв'язок між вітаміном Е і залізом, що проявляється у процесах транспорту електронів і біосинтезу гема. Саме цей вітамін регулює оптимальне співвідношення закислого й окислого заліза у тканинах та забезпечує розподіл цього елемента в організмі.

Недостатнє забезпечення залізом, особливо в молодих тварин спричинює анемію, втрату апетиту, пригнічення швидкості росту та інколи підвищується смертність новонароджених та молодих тварин [1, 40]. При цьому надлишок заліза призводить до погіршення засвоєння фосфору та міді, зменшення відкладання вітаміну А в печінці, знижує апетит та прирости живої маси [12].

Серед есенціальних мікроелементів організму тварин провідне значення належить міді, яка входить до складу багатьох ензимів, посилює дію інсуліну, гормонів гіпофіза, щитоподібної залози, мобілізацію депонованого заліза, стимулює його перенесення в кістковий мозок, активує дозрівання еритроцитів [1, 30]. Мідь забезпечує формування структури кісток, хрящів, сухожилів (колаген), забезпечує еластичність стінок кровоносних судин, легеневих альвеол, шкіри (еластин), нормалізує ритм серцевої діяльності. Регулює роботу центральної нервової системи, активно формує імунітет [7, 11].

Понад нормована годівля свиней сполуками міді гальмує гемопоез, знижує концентрацію вітамінів А, Е, В₂, В₃, В₆, С в органах і тканинах тварин. При цьому поросята втрачають апетит, у них порушується координація рухів, з'являється горб на спині, виникають м'язові судоми й анемія [12].

За даними проведених досліджень виявлено, що селен, цинк, мідь, залізо та магній мають істотний вплив на продуктивність тварин, та особливу роль відіграють у репродуктивній здатності свиноматок.

ток. Вони сприяють підвищенню багатоплідності, великоплідності, збільшенню маси гнізда поросят при їх народженні й відлученні, а також виходу ділових поросят [13].

Кожен із зазначених мікроелементів крім загальної дії на організм свиней має окремий селективний вплив. Додаткове згодовування селену покращує показники ніжності м'яса, а також збільшує вміст сирого протеїну, що підвищує його біологічну цінність [24]. Цинк сприяє підвищенню кількості поросят-нормотрофіків та зниженню кількості поросят-гіпотрофіків, а також випадків мертворожденості [46]. Включення до раціону міді сприяє підвищенню забійного виходу та більш високому відкладанню жиру. Згодовування свиноматкам солей заліза забезпечує покращення біологічної повноцінності молозива і молока, та сприяє профілактиці анемії поросят. Особливістю дії магнію є зменшення тривалості сервіс-періоду у свиноматок [48].

Для забезпечення тварин мінеральними речовинами найчастіше використовують мікроелементи в неорганічній формі, оскільки вони є більш доступні та економічні для придбання. Але при аналізі численних досліджень відомо, що їх потрапляння до організму не задовольняє потребу високопродуктивних тварин у дефіцитних речовинах. Окрім того, виявлено певні недоліки при згодовуванні мінеральних солей, оскільки через низьку засвоюваність організмом, тваринам часто згодовують надлишкову кількість мінеральних речовин, призводячи до множинного антагонізму, чим спричиняють зниження конверсії мікроелементів в організмі, що підвищує вивільнення з організму до 40–70 % цих елементів, що негативно впливає на екологічну ситуацію, забруднюючи навколишнє середовище важкими металами [10, 21]. Тому на сучасному етапі розвитку тваринництва спостерігається необхідність заміни неорганічних солей органічними сполуками [38, 47].

Аналізуючи дослідження, виявлено, що включення хелатних форм мікроелементів забезпечує кращу біологічну доступність: вони легко встановлюють іонний зв'язок з клітинами організму, розпадаються й повністю засвоюються. Застосування фітинової кислоти у структурі хелатів зменшує антагонізм між іншими поживними речовинами [7, 34].

За даними досліджень В. О. Саприкіна та В. С. Бомко, встановлено, що введення до раціону хелату заліза покращує продуктивні й відтворювальні якості свиноматок [4, 27, 32].

Компенсація дефіциту цинку за рахунок згодовування його хелатів сприяє зниженню кількості слабких поросят та їх збереженості до відлучення [23, 39]. Вирощений молодняк характеризується більшим забійним виходом [22].

За даними досліджень А. М. Шимкене, введення хелатного селену до раціону поросних та підсисних свиноматок порівняно з мінеральними солями сприяло підвищенню багатоплідності, маси гнізда в день опоросу, молочності, а також мало позитивний вплив на ріст, розвиток та збереженість підсисних і дорощуваних поросят [35]. Це сприяє покращенню фізико-хімічних властивостей м'яса та сала, збільшення вмісту метіоніну, триптофану, лізину при одночасному зменшенні концентрації оксипроліну [24].

За даними дослідження С. О. Семенова, введення хелатних сполук магнію забезпечує збільшення об'єму еякуляту, кількості живих спермій та підвищує їх концентрацію. Підвищується терморезистентність спермій, що покращує придатність сперми до тривалого зберігання [28].

Встановлено, що додавання до раціону свиноматок хелатної добавки міді в період поросності та лактації сприяє кращій багатоплідності та великоплідності свиноматок, а також підвищує збереженість поросят [5]. При цьому підвищується жива маса та середньодобові прирости, що підвищує забійну масу й кількість внутрішнього жиру, зростає соковитість м'яса та вміст білку в м'язовій тканині [2, 10, 31, 49].

Виявлено, що додаткове згодовування кнурам-плідникам заліза, селену, міді та цинку у формі наноаквахелатів покращує якість спермопродукції – збільшується об'єм еякуляту, концентрація спермій з одночасним покращенням їх виживаності та рухливості. Це відбувається на тлі збільшення вмісту глутатіону, зростання активності супероксиддисмутази та каталази [36]. Доведено, що введення лактатів безпосередньо у сперму підвищує концентрацію дієвих кон'югантів та ТБК-активних комплексів, що свідчить про інтенсифікацію процесів пероксидного окислення [25].

За результатами наших досліджень встановлено, що 24-х годинне інкубування за температури +38 °С спермодоз кнурів-плідників, які отримувати наноаквахелати (цинк, селен, мідь, залізо) впродовж 60-ти діб, має істотний вплив на стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу, де він зміщується в напрямі прискорення процесів пероксидного окислення та зниження біологічної повноцінності спермій. Зберігання спермодоз за температури +17 °С протягом зазначеного періоду сприяє зменшенню активності прооксидантного ензиму – ксантиноксидази, антиоксидантних ензимів супероксиддисмутази й каталази, інтенсивності використання низькомолекулярних антиоксидантів, а та-

кож збереженню рухливості, виживаності та запліднювальної здатності сперміїв. Подальше зниження температури до $+5^{\circ}\text{C}$ характеризувалось зростанням активності ксантиноксидази, уповільненням перемігу пероксидного окиснення та появою аномалій у сперміях.

Доведено, що введення хелатної форми мікроелементів дає змогу вдвічі зменшити їх кількість порівняно з сольовою формою, покращує засвоюваність поживних речовин та продуктивні якості свиней.

Досить часто застосовують комплекси хелатних елементів (мідь, залізо, цинк) для більшої ефективності впливу на продуктивність [11, 20]. Проаналізовано застосування комплексів хелатних мікроелементів з гуміновими кислотами, та визначено, що ця композиція (хелати + гумати) забезпечує зменшення концентрації мікроелементів в 4–5 разів порівняно з солями. За даними досліджень застосування гуматів в комбінації з хелатами мікроелементів порівняно з хелатними сполуками та солями мікроелементів мають кращий вплив на репродуктивні показники свинок, а саме підвищення молочності, збільшення кількості поросят та їх збереженість, покращення середньодобових приростів за підсисний період [16, 17, 18].

Висновки

Встановлено, що мікроелементи, перебуваючи в тісному взаємозв'язку з ензимами, вітамінами та гормонами, обумовлюють метаболічні перетворення, забезпечуючи формування важливих фізіологічних функцій – тканинного дихання, поділу клітин, розмноження, росту й розвитку організму. Визначено, що для забезпечення ефективних програм годівлі свиней перспективним є використання хелатних сполук мікроелементів як альтернативної заміни мінеральних солей. Це сприятиме кращому їх засвоєнню, зменшенню кількості введення до організму неорганічних солей, що в подальшому запобігає забрудненню навколишнього середовища.

Виявлено, що надвисока біодоступність хелатів мікроелементів відкриває нові шляхи підвищення продуктивності свиней через покращення споживання й конверсії кормів. Завдяки широкому спектру дії цих сполук у свиней виникає можливість регуляції відтворювальні функції: у кнурів-плідників – підвищення рухливості і виживаності сперміїв, а у свиноматок – багатоплідності, великоплідності, збільшення маси гнізда, молочності, покращенні збереженості поросят до та після відлучення.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження з використання хелатних сполук мікроелементів необхідно спрямовувати на визначення їх конверсії, встановлення оптимальних співвідношень мікроелементів з різними біологічно активними речовинами, розроблення й застосування екологічно-безпечних мінеральних добавок, використання мінеральних добавок, зважаючи на біогеохімічні зони.

References

1. Biliavtseva V. V. (2017). Produktivnist molodniaku svynei za zghodovuvannya bilkovo-vitaminno-mineralnoi dobavky «Enervik». *Candidate's thesis*. Bilotserkivskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet, Bila Tserkva [In Ukrainian].
2. Bomko, V. S., & Baranyuk, O. M. (2017). Vpliv zmishanoligandnogo kompleksu kuprumu na dinamiku zhivoyi masi svinej na vidgodivli. *Agrarna Nauka ta Harchovi Tehnologiyi*, 3 (97), 19–24 [In Ukrainian].
3. Bomko, V. S., Babenko, S. P., & Moskalik, O. Yu. (2010). *Godivlya silskogospodarskih tvarin*. Kyiv: Agrarna osvita [In Ukrainian].
4. Bomko, L. G., & Gola, V. V. (2016). Vpliv metalohelativ ferumu na produktivnist i vidtvornu zdatnist svinomatok. *Novitni Tehnologiyi Virobnictva ta Pererobki Produkciyi Tvarinnictva*, 61–62 [In Ukrainian].
5. Bordune, A. (2014). Organichni formi mikroelementiv – zaporuka zdorov'ya svinomatok i porosyat. *Pributkove Svinarstvo*, 3 (21), 81–84 [In Ukrainian].
6. Bosanevich, N. O., & Lesik, Ya. V. (2018). Fiziologo-biohimichni pokazniki organizmu ta produktivnist kroliv za diyi kobaltu citrate. *Biologiya Tvarin*, 20 (4), 89–89 [In Ukrainian].
7. Gorbatenko, I. Yu., Gil, M. I., & Zaharenko, M. O. (2018). *Biologiya produktivnosti silskogospodarskih tvarin: pidruchnik*. Mikolayiv: Vidavnichij dim «Gelvetika» [In Ukrainian].
8. Grushanska, N. G., Yakimchuk, O. M., & Cvilihovskij, M. I. (2018). Pokaznik obminu mineralnih rechovin v organizmi svinomatok za profilaktiki mikroelementoziv. *Naukovi Dopovidi NUBiP Ukrayini*, 1 (71), 13 [In Ukrainian].
9. Danchuk, A. V., Karpovskij, V. I., Trokoz, V. A., & Kaplunenka, V. G. (2018). Effektivnost prime-niya nanopreparata mikroelementov Mg, Zn, Ge i Ce dlya korekcii aktivnosti sistemy antioksidantnoj zashity u svinej raznyh tipov vysshejj nervnoj deyatelnosti. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Perspektivy razvitiya svinovodstva stran SNG»*. Zhodino: Belaruskaya navuka [In Russian].

10. Dolid, S. V., & Bomko, V. S. (2013). Zabijni pokazniki i himichnij sklad m'ysa za zgodovuvannya zmishanoligandnogo kompleksu kuprumu molodnyaku svinej. *Tehnologiya Virobnictva i Pererobki Produkciji Tvarinnictva*, 10 (105), 31–34 [In Ukrainian].
11. Zhao, Yu., Najt, K., Ali, G. (2015). Helati u racionah svinomatok: yak pokrashiti produktivist ta zmenshiti vidsotok. *Pributkove Svinarstvo*, 3 (27), 96–98 [In Ukrainian].
12. Zapeka, I. Ye. (2019). Patomorfichni osoblivosti esherioziv svinej za nadlishku v kormah kuprumu, ferumu ta kobaltu / *Candidate's thesis*. Kharkivska derzhavna zooveterynarna akademiia, Harkiv [In Ukrainian].
13. Zaporozhec, M. F., & Burko, Yu. A. (2010). Vpliv solej mikroelementiv cinku, margancyu, midi, zaliza i preparatu "Agrovet Atlantik" v racionah svinej na dobovi prirostri v period yih vidgodivli. *Zbirnik Naukovih Prac Vinnickogo Derzhavnogo Agrarnogo Universitetu*, 2, 38–40 [In Ukrainian].
14. Ibatullin, I. I., Melnik, Yu. F., & Otchenashko, V. V. (2015). *Praktikum z godivli silskogospodarskih tvarin: navchalnij posibnik*. Kyiv [In Ukrainian].
15. Kovalchuk, I. I., Fedoruk, R. S., & Kovalska, L. M. (2014). Vpliv citrativ germaniyu ta selenu na vmist vazhkih metaliv v produkciji bdzhilnictva. *Naukovij Visnik LNUVMBT im. S.Z. Gzhickogo*, 16 (2 (59)), 146–151 [In Ukrainian].
16. Kotlyar, O. S. (2017). Sistema zastosuvannya guminovih dobavok z mikroelementami v godivli svinej. *Materiali mizhnarodnoyi nauково-praktichnoyi konferenciyi «Dosyagnennya ta perspektivi zastosuvannya guminovih rechovin u silskomu gospodarstvi»*. Dnipro: Dniprovskiy derzhavnyi ahromno-ekonomichnyi universytet [In Ukrainian].
17. Kotlyar, O. S., & Mamenko, O. M. (2016). Porivnyannya efektivnosti diyi guminovih kormovih dobavok ta kombigumativ mikroelementiv v godivli remontnih svinok. *Problemi Zoonzheneriyi ta Veterinar-noyi Medicini*, 32 (1), 189–202 [In Ukrainian].
18. Kotlyar, O. S., & Saprikin, V. O. (2014). Efektivnist diyi solovih i halatnih mikroelementiv u godivli svinej. *Visnik Agrarnoyi Nauki*, 25–28 [In Ukrainian].
19. Kravciv, R. J., & Yanovich, D. O. (2003). Rol selenu v zhittyediyalnosti tvarin (biologichni, veterinar-no-medichni, ekologichni aspekti). *Biologiya Tvarin*, 5 (1–2), 23–38 [In Ukrainian].
20. Mamchenko, V. Yu. (2013). Viktorystannya metalohelativ u racionah tvarin. *Visnik Dnipropetrovskogo Derzhavnogo Agrarnogo Universitetu*, 2, 145–148 [In Ukrainian].
21. Marchenkov, F. S., & Storozhuk, T. V. (2010). Helatni mikroelementi – vazhliiviy komponent kombi-kormiv ta premiksiv. *Zernovi Produkti i Kombikormi*, 1, 37–38 [In Ukrainian].
22. Marshalok, V. A. (2015). Pokazniki zaboyu svinej porodi landras na vidgodivli za diyi zmishanoligandnogo kompleksu Cinku. *Tehnologiya Virobnictva i Pererobki Produkciji Tvarinnictva*, 2, 125–129 [In Ukrainian].
23. Marshalok, V. A., & Bomko, V. S. (2012). Vpliv zmishanoligandnogo kompleksu Cinku na rist i rozvitok svinej porodi velika bila na vidgodivli. *Tehnologiya Virobnictva i Pererobki Produkciji Tvarinnictva*, 8, 65–68 [In Ukrainian].
24. Pirova, L. V., Kosior, L. T., Mashkin, Y. O., & Lastovska, I. O. (2017). Khimichni, mineralnyi i aminokyslotnyi sklad miasa svynei za vvedennia selenovmisnykh dobavok u ratsion. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7 (2), 223–229. doi:10.15421/2017_40 [In Ukrainian].
25. Rokotyanska, V. O. (2018). Vpliv nanoakvahelativ na biologichnu povnocinnist spermiyiv. *Visnik Agrarnoyi Nauki Prichornomorya. Seriya: Tvarinnictvo*, 3, 56–61 [In Ukrainian].
26. Ryadchikov, V. G. (2014). *Osnovy pitaniya i kormleniya selskohozyajstvennyh zhivotnyh: uchebnik*. Krasnodar: KGAU [In Russian].
27. Saprikin, V. O., Ionov, I. A., Gazyev, B. M., Zhukorskij, O. M., Marchenkov, F. S., & Martenyuk, I. O. (2016). Helatni formi zaliza u godivli suporosnih ta laktuyuchih svinomatok. *Biologiya ta Ekologiya*, 2 (2), 70–79 [In Ukrainian].
28. Semenov, S. O., Bindyug, O. A., Zinov'yev, S. G., & Bindyug, D. O. (2015). Yakist spermoprodukciji knuriv za umov zgodovuvannya yim bioprotektora mineralnogo «Mg++». *Svinarstvo*, 66, 96–105 [In Ukrainian].
29. Sivik, T. L., & Pirova, L. V. (2010). Vpliv zgodovuvannya selenu na vmist vazhkih metaliv u produk-tah zaboyu svinej. *Tehnologiya Virobnictva i Pererobki Produkciji Tvarinnictva*, 2 (70), 36–39 [In Ukrainian].
30. Fedak, N. M., Vovk, Ya. S., Chumachenko, S. P., & Dushara, I. V. (2012). Mineralni rechovini v go-divli silskogospodarskih tvarin. *Peredgime ta Girske Zemlerobstvo i Tvarinnictvo*, 54 (1), 128–135 [In Ukrainian].

31. Fedorina, T. A., & Nadeev, V. P. (2012). Effektivnost ispolzovaniya organicheskoy formy medi v kormlenii molodnyaka svinej i vliyanie na gistologicheskie struktur tonkoj kishki, zheludka i pecheni. *Zootehniya i Veterinariya*, 1 (25), 9 [In Russian].
32. Fomina, M. V., Paska, M. Z., Kalin, B. M., Koval, G. M., & Ivanyuk N. T. (2015). Vpliv riznih spoluk i doz zaliza na morfologichnij sklad tush svinej. *Problemi Zoonzheneriyi ta Veterinarnoyi Medicini*, 30 (2), 262–264 [In Ukrainian].
33. Homin, M. M., Kovalchuk, I. I., Kropivka, S. J., & Cap, M. M. (2015). Biohimichnij profil krovi ta moloka koriv za zgodovuvannya citrativ selenu, hromu, kobaltu i cinku. *Naukovo-tehnicnij byuleten Derzhavnogo Naukovo-Doslidnogo Kontrolnogo Institutu Veterinarnih Preparativ ta Kormovih Dobavok i Institutu Biologiyi Tvarin*, 16 (1), 47–53 [In Ukrainian].
34. Chornij, M. V., Cilinska, O. I., Shepetilnikov, Yu. O., & Machula, O. S. (2018). Viktoristannya halatnih kompleksiv dlya zabezpechennya zdorov'ya ta pidvishennya produktivnosti svinej. *Veterinarna biotekhnologiya*, 32 (1), 313–318 [In Ukrainian].
35. Shimkene, A. V., Shimkus, A. Yu., Yuozajtene, V. K., Marchyulinas, V. A., Zavodnik, L. B., Griksas S. A., & Darin, A. I. (2012). Vliyanie organicheskogo selena na produktivnost svinej. *Zootehniya*, 2 (23), 90–94 [In Russian].
36. Shostya, A. M., Rokotyanska, V. O., Cibenko, V. G., Sokirko, M. P., Giryra, V.M., Nevidnichij, O. S., Kaplunenko, V. G., & Pashenko, A. G. (2018). Vpliv nanoakvahelativ na yakist spermoprodukciji u knurivplidnikiv. *Visnik Sumskogo Nacionalnogo Agrarnogo Universitetu. Seriya: Tvarinnictvo*, 7 (35), 156–160 [In Ukrainian].
37. Dębski, B. (2016). Supplementation of pigs diet with zinc and copper as alternative to conventional antimicrobials. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 19 (4), 917–924. doi: 10.1515/pjvs-2016-0113.
38. Hernandez, A., Pluske, J. R., D'Souza, D. N., & Mullan, B. P. (2008). Levels of copper and zinc in diets for growing and finishing pigs can be reduced without detrimental effects on production and mineral status. *Animal*, 2 (12), 1763–1771. doi: 10.1017/S1751731108003182.
39. Klouberta, V., Blaabjergb, K., Dalgaardc, T.S., Poulsenb, H.D., Rinka, L., & Wesselsa, I. (2018). Influence of zinc supplementation on immune parameters in weaned pig. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 49, 231–240. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.01.006.
40. Li, Y., Hansen, S. L., Borst, L. B., Spears, J. W., & Moeser, A. J. (2016). Dietary Iron Deficiency and Oversupplementation Increase Intestinal Permeability, Ion Transport, and Inflammation in Pigs. *The Journal of Nutrition*, 146 (8), 1499–1505. doi: 10.3945/jn.116.231621.
41. Oropeza-Moe, M., Falk, M., Vollset, M., Wisloff, H., Bernhoft, A., Framstad, T., & Salbu, B. (2019). A descriptive report of the selenium distribution in tissues from pigs with mulberry heart disease (MHD). *Porcine Health Management*, 5 (17), 1–9. doi: 10.1186/s40813-019-0124-y.
42. Oropeza-Moe, M., Grontvedt, C. A., Phythian, C. J., Sorum, H., Fauske, A. K. & Framstad, T. (2017). Zinc oxide enriched peat influence. *Porcine Health Management*, 3 (14), 1–12.
43. Pomar, C., & Remus, A. (2019). Precision pig feeding: a breakthrough toward sustainability. *Animal Frontiers*, 9 (2), 52–59. doi: 10.1093/af/vfz006.
44. Sivertsen, T., Vie, E., Bernhoft, A., & Baustad, B. (2007). Vitamin E and selenium plasma concentrations in weanling pigs under field conditions in Norwegian pig herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 49 (1), 1–9. doi: 10.1186/1751-0147-49-1.
45. Szudzik, M., Starzynski, R. R., Jonczy, A., Mazgaj, R., Lenartowicz, M., & Lipinski, P. (2018). Iron Supplementation in Suckling Piglets: An Ostensibly Easy Therapy of Neonatal Iron Deficiency Anemia. *Pharmaceuticals (Basel)*, 11 (4), 128. doi: 10.3390/ph11040128.
46. Vahjen, W., Pietruszynska, D., Starke, I.C., & Zentek, J. (2015). High dietary zinc supplementation increases the occurrence of tetracycline and sulfonamide resistance genes in the intestine of weaned pig. *Gut Pathog*, 7 (23), 1–5. doi: 10.1186/s13099-015-0071-3.
47. Veum, T. L., Carlson, M. S., Wu, C. W., Bollinger, D. W., & Eilersieck, M. R. (2004). Copper proteinate in weanling pig diets for enhancing growth performance and reducing fecal copper excretion compared with copper sulfate. *Journal of Animal Science*, 82 (4), 1062–1070. doi: 10.2527/2004.8241062x.
48. Zang, J., Chen, J., Tian, J., Wang, A., Liu, H., Hu, S., Che, X., Ma, Y., Wang, J., Wang, C., Du G., & Ma, X. (2014). Effects of magnesium on the performance of sows and their piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5 (39), 1–8. doi: 10.1186/2049-1891-5-39.

49. Zhao, J. Allee, G., Gerlemann, G., Ma, L., Gracia, M. I., Parker, D., Vazquez-Anon, M., & Harrell, R. J. (2014). Effects of a Chelated Copper as Growth Promoter on Performance and Carcass Traits in Pigs. *Asian-Australas J Anim*, 27 (7), 965–973. doi: 10.5713/ajas.2013.13416.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2019 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Усенко С. О., Сябро А. С., Березницький В. І., Чухліб Є. В., Слинко В. Г., Мироненко О. І. Новітні аспекти мінерального живлення свиней. *Вісник ПДАА*. 2019. № 4. С. 126–133.

© Усенко Світлана Олексіївна, Сябро Альона Сергіївна, Березницький Віктор Іванович, Чухліб Євген Володимирович, Слинко Віктор Григорович, Мироненко Олена Іванівна, 2019