

## **ВМІСТ КУПРУМУ В ҐРУНТАХ, ВОДІ ТА РОСЛИННИХ КОРМАХ РАЦІОНУ ВРХ У РІЗНИХ БІОГЕОХІМІЧНИХ ПРОВІНЦІЯХ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ**

*Є. О. Дзень, І. В. Лучка, Н. І. Талоха, Ю. Т. Салига*

Інститут біології тварин НААН

*У статті наведені результати досліджень концентрації Купруму у ґрунті, воді, рослинних кормах, що використовуються у годівлі великої рогатої худоби в господарствах Львівської, Івано-Франківської, Волинської, Тернопільської, Закарпатської, Рівненської, Вінницької та Хмельницької областей, які розташовані у різних біогеохімічних провінціях. У відібраних зразках встановлено суттєві зональні різниці у концентрації Купруму. Найвищий рівень Купруму у ґрунті і снізі встановлено у Коломийському районі Івано-Франківської області — північно-східна передгірна провінція, а найнижчий — у Перечинському районі Закарпатської області — закарпатська передгірна біогеохімічна провінція. Встановлено, що у більшості досліджуваних господарств корми не достатньо забезпечують велику рогату худобу Купрумом. У межах однієї біогеохімічної провінції концентрація Купруму у досліджуваних об'єктах може суттєво відрізнятись.*

**Ключові слова:** КУПРУМ, ҐРУНТ, ВОДА, КОРМИ, КРОВ, ВРХ, БІОГЕОХІМІЧНІ ПРОВІНЦІЇ

Мінеральний склад ґрунту, води, рослин впливає на метаболічні процеси, які відбуваються в організмі тварин. Мінеральні елементи, які в організмі включаються в структурні елементи клітин і тканин, беруть участь у метаболічних реакціях, а також служать модуляторами біохімічних перетворень. Одним із важливих аспектів у живленні тварин є повноцінне забезпечення їх кормами з необхідною кількістю мікроелементів. У той же час ґрунти і вода, а в результаті і рослинні корми окремих біогеохімічних провінцій недостатньо забезпечені окремими із них, що може викликати у тварин мікроелементози [1–2]. Купрум входить у молекулу цитохром С-оксидази, ферменту, що каталізує останню ланку дихального ланцюга, лізілоксидази, яка бере участь у формуванні четвертинної структури колагену і еластину, церулоплазміну — оксидоредуктази і залізотранспортного білка, тирозинази — регуляторного ферменту в ланцюгу реакцій синтезу меланіну та інших протеїнів [3–4].

Потреба великої рогатої худоби у Купрумі для підтримання їх життєдіяльності, росту, лактації залежить від віку тварини та їх продуктивності і складу раціону. Впродовж перших 4 тижнів життя телят коефіцієнт абсорбції Купруму становить 60 %. З початком розвитку рубця і заселення його мікроорганізмами абсорбція елемента різко знижується і становить у дорослої худоби лише 1–5 %. Ступінь засвоєння Купруму зі свіжих трав менший, ніж із сіна чи силосованої трави, незалежно від концентрації Сульфуру чи Молібдену, а додавання останніх до раціону знижує абсорбцію Купруму. Вміст Купруму у грубих кормах залежить від виду рослин і доступності цього металу з ґрунту [5]. Ендогенні втрати Купруму складають близько 7,1 мг/кг маси тіла. Відомо, що вміст Купруму у тканинах молодих тварин становить близько 1,15 мг/кг [6]. У печінці, де Купрум нагромаджується, концентрація його набагато вища. Вміст Купруму в молозиві становить близько 0,6 мг/кг [7], у молоці — 0,15–0,2 мг/кг. Вважають, що потреба лактуючих корів у цьому елементі становить 0,15 мг/кг молока. Оптимальний вміст

Купруму у раціонах жуйних покращує функціональну активність мікроорганізмів передшлунків, зокрема, активує гідрогенази сульфатредуючих бактерій [8].

Таким чином дослідження вмісту Купруму в різних ланках трофічного ланцюга у різних геохімічних зонах є актуальним і необхідним для розробки науково-обґрунтованої системи мінерального живлення тварин. У зв'язку з цим, метою даної роботи було вивчити вміст Купруму в рослинних кормах, ґрунті і воді різних біогеохімічних зон України.

### **Матеріали і методи**

Для досліджень відбирали зразки ґрунту з сільськогосподарських угідь, води, кормів раціону великої рогатої худоби із різних біогеохімічних провінцій — закарпатської низинної, закарпатської передгірної, закарпатської гірської, північно-східної гірської, північно-східної передгірної, лісостепової низинної та поліської, які розташовані у Закарпатській, Івано-Франківській, Львівській, Тернопільській, Волинській, Хмельницькій, Вінницькій, Рівненській областях. Середньо змішані зразки ґрунту відбиралися у весняно-літній період з глибини 0–20 см. Ґрунт висушувався до повітряно-сухого стану, відокремлювалися сторонні домішки, розтирався у фарфорових ступках і просіювався через сито з отворами діаметром 1 мм. У кожній реперній точці відбирався ґрунт з 4 ділянок з умовного чотирикутника 200 м<sup>2</sup>. Зразки води відбиралися у кількості 1,5–2 л з джерел, що використовуються для напування тварин у окремо взятому тваринницькому господарстві. Зразки сіна відбиралися невеликими порціями по всій поверхні скирти, не менше, ніж з 10 місць, починаючи з висоти 0,5–1 м. Наважки зразків спалювали і в одержаному неорганічному залишку визначали вміст Купруму за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра С-115 ПК.

### **Результати й обговорення**

Проведені дослідження показали, що вміст Купруму у ланцюгу ґрунт–вода–рослина–тварина в досліджуваних зонах розподілений неоднаково.

Як видно із таблиці 1, ґрунти досліджуваних провінцій вірогідно різняться за вмістом Купруму. Найвищий рівень цього елемента виявлено у зразках ґрунту, відібраного для аналізу у господарстві Коломийського району Івано-Франківської області, що розташоване у північно-східній передгірній та Дубровицького району Рівненської області, що розташоване у поліській біогеохімічних провінціях, а найнижчий — із ґрунтів Перечинського району Закарпатської області та Галицького району Івано-Франківської області, що розташовані відповідно у закарпатській передгірній та північно-східній передгірній біогеохімічних провінціях.

У межах однієї біогеохімічної провінції концентрація Купруму у досліджуваних зразках ґрунту може суттєво відрізнятись. Зокрема, якщо порівнювати концентрацію Купруму в окремо взятій біогеохімічній провінції, то його вміст коливається від 1,68 мг/кг сирової маси в Галицькому районі Івано-Франківської області до 8,81 мг/кг ( $p < 0,001$ ) Коломийського району Івано-Франківської області, які розташовані у північно-східній передгірній провінції.

Подібна картина, але менш виражена спостерігається і у лісостеповій низинній біогеохімічній провінції. Загалом найвищі концентрації Купруму у досліджуваних зразках ґрунту встановлено у поліській біогеохімічній провінції, а найнижчі у передгірних і гірських районах закарпатської і північно-східної біогеохімічних провінціях.

Таким чином, проведені дослідження показали, що концентрація Купруму у відібраних зразках ґрунту з сільськогосподарських угідь різних біогеохімічних провінцій Західного

регіону України загалом не перевищує ГДК у Купруму для його загального вмісту у ґрунті, що становить 100 мг/кг.

Таблиця 1

**Вміст Купруму у ґрунті досліджуваних господарств ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )**

Біогеохімічна провінція	Область, район, село	У розрахунку		
		На суху масу, мг/кг	На сиру масу, мг/кг	На золу, мг/кг
Закарпатська низинна	Закарпатська, Ужгородський, с.Мінай	5,34±0,25	5,06±0,24	5,46±0,26
Закарпатська передгірна	Закарпатська, Мукачівський, с.Лалово	6,10±0,35	5,73±0,21	6,75±0,42
	Закарпатська, смт. Перечин	2,25±0,12	2,07±0,11	2,31±0,12
Закарпатська гірська	Закарпатська, Мукачівський, с. Пузняківці	3,81±0,29	3,69±0,28	3,95±0,31
Північно-східна гірська	Івано-Франківська, Рожнятівський, с. Перегінське	3,22±0,10	3,14±0,09	3,33±0,11
	Івано-Франківська, Косівський, с. Шешори	4,16±0,38	3,23±0,29	4,45±0,41
Північно-східна передгірна	Івано-Франківська, Тисменицький, с. Старі Кривотули	5,95±0,52	5,76±0,51	6,01±0,56
	Івано-Франківська, Коломийський, с. Перерів	9,06±0,68	8,81±0,61	9,42±0,79
	Львівська, Стрийський, с. Коюхів	7,89±0,59	5,99±0,41	8,83±0,68
	Івано-Франківська, Галицький, с. Насташине	2,92±0,21	1,68±0,12	3,19±0,28
Лісостепова низинна	Івано-Франківська, Рогатинський, с. Мелна	2,59±0,21	2,02±0,17	2,91±0,25
	Івано-Франківська, Рогатинський, с. Підкамінь	6,24±0,50	6,08±0,48	6,29±0,51
	Львівська, Пустомитівський, с. Чишки	5,12±0,26	4,59±0,21	5,87±0,31
	Львівська, Городецький, с. Грімне	5,35±0,48	4,23±0,37	5,75±0,52
	Тернопільська, Тернопільський, с. Довжанка	4,03±0,29	3,55±0,27	4,47±0,31
Поліська	Львівська, Яворівський, с.Немирів	9,52±0,74	8,51±0,64	10,54±0,84
	Львівська, Жовківський, с. Купичволя	8,84±0,61	7,24±0,52	9,72±0,76
	Львівська, Кам'янка-Буський, с. Ременів	5,11±0,43	4,45±0,39	5,48±0,45
	Волинська, Горохівський, с. Гектари	5,71±0,48	5,15±0,44	6,01±0,53
	Вінницька, Вінницький, с. Бохоники	8,56±0,74	7,51±0,62	9,06±0,81
	Вінницька, Вінницький, с. Вороновиця	9,61±0,81	8,35±0,74	10,01±0,90
	Хмельницька, Красилівський, с. Волиця	9,74±0,81	8,31±0,77	10,29±0,93

Щодо вмісту Купруму у зразках води (табл. 2) досліджуваних господарств, то його зональний розподіл особливо не відрізняється від його вмісту у досліджуваних ґрунтах. Найвищий вміст Купруму у воді досліджуваних господарств виявлено у зразках води, відібраної у господарстві Дубровицького району Рівненської області — 0,036 мг/л та Красилівського району Хмельницької області — 0,039 мг/л, що розташовані у поліській біогеохімічній провінції, а найнижчий — у зразках води Рогатинського — 0,001 мг/л та Тисменицького — 0,0014 мг/л ( $p < 0,001$ ) районів Івано-Франківської області, що розташовані відповідно у лісостеповій низинній та північно-східній передгірній біогеохімічних провінціях.

Вміст Купруму у воді досліджуваних господарств ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )

Біогеохімічні провінції	Область, район	мг/л
Закарпатська низинна	Закарпатська, Ужгородський, с.Мінай	0,0047±0,0002
Закарпатська передгірна	Закарпатська, Мукачівський, с.Лалово	0,0103±0,001
	Закарпатська, смт. Перечин	0,0024±0,0001
Закарпатська гірська	Закарпатська, Мукачівський, с. Пузняківці	0,0044±0,0002
Північно-східна гірська	Івано-Франківська, Рожнятівський, с. Перегінське	0,0067±0,0004
	Івано-Франківська, Косівський, с. Шешори	0,0018±0,0001
Північно-східна передгірна	Івано-Франківська, Тисменицький, с. Старі Кривотули	0,0014±0,0001
	Івано-Франківська, Коломийський, с. Перерів	0,0110±0,001
	Львівська, Стрийський, с. Коюхів	0,0110±0,001
	Івано-Франківська, Галицький, с.Насташине	0,0039±0,0002
Лісостепова низинна	Івано-Франківська, Рогатинський, с. Мелна	0,0188±0,001
	Івано-Франківська, Рогатинський, с. Підкамінь	0,0010±0,0001
	Львівська, Пустомитівський, с. Чишки	0,0111±0,001
	Львівська, Городецький, с. Грімне	0,0057±0,0003
	Тернопільська, Тернопільський, с. Довжанка	0,0049±0,0002
Поліська	Львівська, Яворівський, с.Немирів	0,0042±0,0002
	Львівська, Жовківський, с.Купичволя	0,0187±0,001
	Львівська, Кам'янка-Буський, с. Ременів	0,0310±0,002
	Волинська, Горохівський, с. Гектари	0,0112±0,001
	Вінницька, Вінницький, с. Бохоники	0,0015±0,0001
	Вінницька, Вінницький, с. Вороновиця	0,0031±0,0002
	Хмельницька, Красилівський, с. Волиця	0,0395±0,002
	Рівненська, Дубровицький, с. Дубровиця	0,0368±0,001

Встановлені відмінності у розподілі Купруму в ґрунті і воді, мабуть, зумовлені геохімічним складом ґрунту і різницями у водорозчинності хімічних сполук Купруму в ґрунті цих місцевостей.

Подібно, як і у досліджуваних зразках ґрунту, найвищі концентрації Купруму у досліджуваних зразках води встановлено у поліській біогеохімічній провінції, а найнижчі у передгірних і гірських районах закарпатської і північно-східної біогеохімічних провінціях. В окремих зразках води поліської біогеохімічної провінції концентрація Купруму була в 10 разів вищою порівняно до концентрації у гірських і передгірних районах.

Таким чином, проведені дослідження показали, що концентрація Купруму у відібраних зразках води з різних біогеохімічних провінцій Західного регіону України загалом не перевищувала гранично допустимої концентрації, яка становить 1 мг/л в Україні, а в Європі 0,05 мг/л, а різниці в концентрації Купруму в окремо взятій поліській і окремо взятій лісостеповій низинній біогеохімічній провінції можуть становити 10 разів.

Вміст Купруму у сні досліджуваних господарств ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )

Біогеохімічні провінції	Область, район, село	У розрахунку		
		На суху масу, мг/кг	На сиру масу, мг/кг	На золу, мг/кг
Закарпатська низинна	Закарпатська, Ужгородський, с. Мінай	5,01±0,28	4,32±0,23	102,57±6,80
Закарпатська передгірна	Закарпатська, Мукачівський, с. Лалово	4,92±0,37	4,25±0,34	95,73±8,14
	Закарпатська, смт. Перечин	1,79±0,15	1,55±0,13	29,59±2,36
Закарпатська гірська	Закарпатська, Мукачівський, с. Пузняківці	2,90±0,22	2,61±0,18	48,08±3,85
Північно-східна гірська	Івано-Франківська, Рожнятівський, с. Перегінське	3,12±0,25	2,64±0,19	118,23±9,22
	Івано-Франківська, Косівський, с. Шешори	2,85±0,23	2,54±0,21	31,29±2,07
Північно-східна передгірна	Івано-Франківська, Тисменицький, с. Старі Кривотули	5,12±0,36	4,87±0,32	62,46±5,54
	Івано-Франківська, Коломийський, с. Перерів	8,95±0,71	7,90±0,64	92,25±7,58
	Львівська, Стрийський, с. Коюхів	5,46±0,45	4,72±0,41	63,64±4,59
	Івано-Франківська, Галицький, с. Насташине	1,59±0,07	1,42±0,05	22,19±0,15
Лісостепова низинна	Івано-Франківська, Рогатинський, с. Мелна	1,98±0,17	1,74±0,14	23,59±2,02
	Івано-Франківська, Рогатинський, с. Підкамінь	5,68±0,42	4,94±0,36	52,05±4,12
	Львівська, Пустомитівський, с. Чишки	4,04±0,33	3,39±0,29	73,63±6,44
	Львівська, Городецький, с. Грімне	2,99±0,20	2,57±0,19	35,77±3,01
	Тернопільська, Тернопільський, с. Довжанка	2,89±0,23	2,56±0,21	24,81±2,05
Поліська	Львівська, Яворівський, с. Немирів	8,46±0,61	7,41±0,55	104,9±8,21
	Львівська, Яворівський, с. Щеплоти	5,70±0,37	5,05±0,34	92,50±8,12
	Львівська, Жовківський, с. Купичволя	6,67±0,52	5,94±0,48	114,04±9,25
	Львівська, Кам'янка-Буський, с. Ременів	4,12±0,32	2,91±0,21	31,32±2,86
	Волинська, Горохівський, с. Гектари	1,44±0,13	1,31±0,12	35,27±3,16
	Вінницька, Вінницький, с. Бохоники	4,36±0,36	3,85±0,33	19,86±1,24
	Вінницька, Вінницький, с. Вороновиця	6,45±0,41	5,70±0,36	142,66±1,25
	Хмельницька, Красилівський, с. Волиця	2,28±0,16	1,94±0,14	18,97±1,42
	Рівненська, Дубровицький, с. Дубровиця	7,82±0,44	6,26±0,38	100,8±7,31

Проведені дослідження показали (табл. 3), що найвищий вміст Купруму у досліджуваних зразках сні встановлено у господарстві Коломийського району Івано-Франківської області — 8,95 мг/кг сухої маси корму та Яворівського району Львівської області — 8,46 мг/кг сухої маси корму, що розташовані відповідно у північно-східній передгірній та поліській біогеохімічній провінції, хоча в інших зразках сні вказаної провінції вміст Купруму був майже у 2 рази менший, а найнижчий — у зразках сні Перечинського району Закарпатської області — 1,55 мг/кг сухої маси корму та Галицького району Івано-Франківської області — 1,59 мг/кг ( $p < 0,001$ )

сухої маси корму, що розташовані відповідно у закарпатській передгірній та північно-східній передгірній біогеохімічних провінціях. Ці дані вказують на те, що сіно господарств Коломийського району Івано-Франківської області та Яворівського району Львівської області забезпечено Купрумом вище середнього значення (8,5 мг/кг сухої маси корму), а за нормами NRC концентрація Купруму у кормі повинна становити 10 мг/кг сухої маси корму. У господарстві Дубровицького району Рівненської області концентрація купруму у сіні становить — 7,82 мг/кг сухої маси корму, що забезпечує мінімальну потребу тварин у Купрумі, а концентрація Купруму у сіні в господарствах Жовківського району Львівської області та Вінницького району Вінницької області, що розташовані у поліській біогеохімічній провінції наближена до мінімальної потреби тварин у цьому мікроелементі, відповідно — 6,67 і 6,45 мг/кг сухої маси корму. У решти досліджуваних зразках сіна, концентрація Купруму повністю не забезпечує тварин у цьому мікроелементі.

Таблиця 4

**Вміст Купруму у комбікормі досліджуваних господарств ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )**

Біогеохімічні провінції	Область, район, село	У розрахунку		
		На суху масу, мг/кг	На сиру масу, мг/кг	На золу, мг/кг
Закарпатська гірська	Закарпатська, Мукачівський, с. Пузняківці	5,90±0,48	5,30±0,46	73,32±6,21
Північно-східна передгірна	Івано-Франківська, Коломийський, с. Перерів	4,10±0,32	3,65±0,29	154,33±9,87
	Львівська, Стрийський, с. Коюхів	5,85±0,12	4,56±0,11	156,90±9,36
Лісостепова низинна	Івано-Франківська, Рогатинський, с. Мелна	5,32±0,26	4,54±0,22	226,35±12,4
	Львівська, Пустомитівський, с. Чишки	5,67±0,23	4,71±0,21	120,00±4,70
Поліська	Львівська, Кам'янка-Буський, с. Ременів	3,78±0,29	3,59±0,24	171,61±14,5
	Вінницька, Вінницький, с. Бохоники	4,98±0,45	4,07±0,35	190,21±16,6
	Рівненська, Дубровицький, с. Дубровиця	6,44±0,42	5,69±0,39	213,00±14,3

При проведенні досліджень з визначення концентрації Купруму у комбікормах (табл. 4), що використовується у годівлі ВРХ, у межах лісостепової низинної біогеохімічної провінції, суттєвих різниць у вмісті цього елемента не встановлено. При цьому, найвищий вміст Купруму у досліджуваних комбікормах встановлено у господарстві Дубровицького району Рівненської області — 6,44 мг/кг сухої маси корму, а найнижчий — у господарстві Кам'янка-Буського району Львівської області — 3,78 мг/кг ( $p < 0,01$ ) сухої маси корму, що розташовані в поліській біогеохімічній провінції. Ці дані вказують на те, що в межах однієї біогеохімічної провінції концентрація Купруму у комбікормах може мінятися.

**Висновки**

Проведена порівняльна оцінка концентрації Купруму в ґрунтах, воді, рослинних кормах, що використовуються у годівлі великої рогатої худоби в господарствах Львівської, Івано-Франківської, Волинської, Тернопільської, Закарпатської, Вінницької та Хмельницької областей, які належать до різних біогеохімічних провінцій.

Найвищий рівень цього елемента у ґрунті, сіні встановлено у господарстві Коломийського району івано-Франківської області — північно-східна передгірна провінція, а найнижчий — у господарстві Перечинського району Закарпатської області — закарпатська передгірна біогеохімічна провінція. У більшості досліджуваних господарств корми не містять необхідно нормованої концентрації Купруму.

У межах однієї біогеохімічної провінції концентрація Купруму у досліджуваних об'єктах може суттєво відрізнятися.

**Перспективи подальших досліджень** Отримані результати стануть основою для наступних науково-дослідних робіт із створення карти забезпеченості мікроелементами західних областей України і розробки науково-обґрунтованої системи мінерального живлення ВРХ.

*Ye. O. Dzen, I. V. Luchka, N. I. Taloha Y. T. Salyha*

### **COPPER CONTENT IN THE SOIL, WATER AND VEGETATIVE FORAGE AT THE CALVES RATION IN FARMS OF DIFFERENT BIOGEOCHEMICAL PROVINCES OF THE WESTERN UKRAINE**

#### **S u m m a r y**

The data about of the copper concentration in the soil, water and vegetative forage that are used in the calves feeding in farms of Lviv, Ivano-Frankivsk, Volyn, Ternopil, Zakarpattya, Rivne, Vinnytsa and Khmelnytsk regions that belong to different biogeochemical provinces are presented in the article. The significant differences in this elements level in taken samples were revealed. The highest copper level was observed in the soil and vegetative forage in the farms of Ivano-Frankivsk region (north-eastern province of foot-hill) and the lowest — in the farm of Zakarpattya region (Zakarpattya biogeochemical province of foot-hill). Fodders that are used in the most of farms do not provide calves in sufficient level of copper. Within the the boundaries of one biogeochemical province the concentration of copper can substantially differ in the probed samples.

*E. A. Дзень, И. В. Лучка, Н. И. Талоха, Ю. Т. Салыга*

### **СОДЕРЖАНИЕ КУПРУМУ В ПОЧВЕ, ВОДЕ И РАСТИТЕЛЬНЫХ КОРМАХ РАЦИОНА ВРХ В ХОЗЯЙСТВАХ РАЗНЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЙ ЗАПАДНОЙ УКРАИНЫ**

#### **А н н о т а ц и я**

В статье приведены результаты исследований концентрации Купруму в почве, воде, растительных кормах, которые используются в кормлении крупного рогатого скота в хозяйствах Львовской, Ивано-Франковской, Волынской, Тернопольской, Закарпатской, Ривненской, Винницкой и Хмельницкой областей разных биогеохимических провинций западной Украины. В отобранных образцах установлены существенные зональные различия в концентрации Купруму. Наивысший уровень Купруму в почве и сене установлен в хозяйстве Коломыйского района Ивано-Франковской области — северо-восточная предгорная провинция, а наименьший — в хозяйстве Перечинского района Закарпатской области — закарпатская предгорная биогеохимическая провинция. В

большенстве исследуемых хозяйств корма не обеспечивают в достаточном количестве крупный рогатый скот Купрумом. В границах одной биогеохимической провинции концентрация Купруму в исследуемых образцах может существенно отличаться.

1. *Сологуб Л. І.* Роль міді в організмі тварин / Л. І. Сологуб, Г. Л. Антоняк, О. М. Стефанишин // Біологія тварин. — 2004. — Т. 6, № 1–2. — С. 64–76.
2. *Du Z.* Copper metabolism of Holstein and Jersey cows and heifers fed diets high in cupric sulfate or copper proteinate / Z. Du, R. W. Hemken, R. J. Harmon // J. Dairy Sci. — 1996. — V. 79. — P. 1873–1880.
3. *Linder M. C.* In: Handbook of copper pharmacology and toxicology / M. C. Linder // Human Press Inc., Totowa, NJ, 2002. — P. 3–32.
4. *Влізло В. В.* Біохімічні основи нормування мінерального живлення великої рогатої худоби. 2. Мікроелементи / В. В. Влізло, Л. І. Сологуб, В. Г. Янович // Біологія тварин. — 2006. — Т. 8, № 1. — С. 41–62.
5. *Minson D. J.* Copper / D. J. Minson // Forage in Ruminant Nutrition. — Sydney : Academic Press, 1990. — P. 316–324.
6. *Johnson L. R.* The effects of copper source and concentration on lipid metabolism in growing and finishing angus steers / L. R. Johnson, T. E. Engle // Asian-Aust. J. Anim. Sci. — 2003. — V. 16, N 8. — P. 1131–1136.
7. *Lyford S. J.* Digestion, metabolism and nutrient needs in preruminants / S. J. Lyford, J. T. Huber // The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. — Prospect Heights, IL: Waveland Press, Inc. — 1988. — 416 p.
8. *Dzierzewicz Z.* Effect of copper ions or hydrogenase activity of *Desulfovibrio desulfuricans* / Z. Dzierzewicz, B. Cwalina, B. Yawlik // Acta biocem. Pol. — V. 39, N 1. — P. 95–99.

**Рецензент:** завідувач лабораторії живлення та біосинтезу продукції жуйних, доктор сільськогосподарських наук, с. н. с. Стапай П. В.