

УДК 575.15

## ЦИТОГЕНЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛІТИН КІСТКОВОГО МОЗКУ У РІЗНИХ ВИДІВ ПОЛІВОК

Оксана КОВАЛЬОВА, Ганна БОЙКО, Олена БУРДО, Тетяна ГЛАЗКО

**Цитогенетичні характеристики клітин кісткового мозку у різних видів полівок. — О. Ковальова, Г. Бойко, О. Бурдо, Т. Глазко.** — Спонтанні мутаційні спектри цитогенетичних аномалій в клітинах кісткового мозку характеризуються вираженою видоспецифічністю у досліджених видів полівок не тільки за переважним типом цитогенетичних аномалій (центричні злиття — у видів з перевагою акроцентричних хромосом; анеуплоїдія — у звичайної полівки, асинхронність розщеплення центромер — у звичайної і сибірської полівки), але й за участю в них індивідуальних хромосом (великі хромосоми найчастіше беруть участь в анеуплоїдії у рудій полівки, дрібні — у звичайної полівки; у сибірської полівки — хромосоми 10 і 14). В умовах хронічної дії низькодозового іонізуючого опромінення у всіх досліджених полівок спостерігається збільшення темпів клітинного поділу в кістковому мозку.

**Ключові слова:** біоіндикація, полівки, хромосомні аберації, іонізуюче опромінення.

**Адреса:** Інститут агроекології та біотехнології УААН, вул. Метрологічна, 12, Київ-143, 03143, Україна.  
E-mail: glazko@biotech.relc.com.

**Cytogenetic characteristics of the bone marrow cells in different vole's species. — O. Kovalova, H. Boiko, O. Burdo, T. Glazko.** — Spontaneous mutation spectra in the bone marrow cells of the various species of voles had the species-specific traits not only at the preferable type of cytogenetic anomalies (centric fusion — in species with the acrocentric autosomes; aneuploidy — in common vole, asynchronous of centromere division — in common and Siberian voles), but at the participation in its of the individual chromosomes (the large chromosomes involving in aneuploidy more frequently in red vole, little ones — in common vole; in Siberian vole — chromosomes 10 and 14). In the zone of low dose exposure to ionizing irradiation in all vole's species the increased level of cell division in the bone marrow was observed.

**Key words:** bioindication, voles, chromosome aberration, ionizing radiation.

**Address:** Institute of agroecology and biotechnology UAAS, 12 Metrolohichna St., Kyiv-143, 03143, Ukraine.  
E-mail: glazko@biotech.relc.com.

### Вступ

Мишоподібних гризунів традиційно використовують для біоіндикації територій та для оцінки рівнів забрудненості генотоксичними поллютантами [2–4]. Однак досі спонтанні мутаційні спектри у різних видів та видоспецифічні особливості таких спектрів залишаються недостатньо вивченими [1, 5–7]. Ймовірно, що розбіжності між видами за переважними типами цитогенетичних дефектів в спонтанних та індукованих мутаційних спектрах можуть суттєво впливати на об'єктивність оцінок рівнів генотоксичного забруднення. Необхідно підкреслити, що певні особливості спонтанних та індукованих мутаційних спектрів можуть бути пов'язаними з особливостями каріотипу й морфологією окремих хромосом.

У зв'язку з цим в наших дослідженнях розглядалися спонтанні та індуковані мутаційні спектри в клітинах кісткового мозку різних видів полівок. В індукованих спектрах розглядали цитогенетичні характеристики у полівок, які мешкали в умовах підвищеного радіаційного фону зони відчуження

Чорнобильської АЕС. Оскільки в межах зони відчуження рівень радіаційного забруднення варіює від <20 Кі/км<sup>2</sup> до 100–1000 Кі/км<sup>2</sup>, як контроль розглядали тварин, відловлених у місцях з рівнем радіонуклідного забруднення не вище 20 Кі/км<sup>2</sup>.

Основною метою роботи було вивчення мутаційних подій в клітинах кісткового мозку у різних видів полівок, які відрізняються кількістю акроцентричних і метацентричних хромосом в каріотипі.

### Матеріал та методи

Дослідження проводили на полівках, зловлених в районах з різним рівнем радіаційного забруднення. Звичайна полівка (*Microtus arvalis*, 24 тварини) зловлена в районах селища Роз'їзже (<5 Кі/км<sup>2</sup> як умовно контрольний) та Чистоголівка (>500 Кі/км<sup>2</sup> як східноєвропейська полівка (*Microtus rossiaemeridionalis*, 3 екз.) зловлена в районі Лелів (близько 20 Кі/км<sup>2</sup>), полівка руда (*Clethrionomus glarealus*, 7 екз.) зловлена в районі с. Неда-

нчичи ( $<5 \text{ Ki}/\text{km}^2$ ) і в Рудому Лісі ( $\sim 1000 \text{ Ki}/\text{km}^2$ ), полівка сибірська (*Microtus oeconomus*, 10 екз.) зловлена в районі селища Лелів та озера Глибоке ( $500 \text{ Ki}/\text{km}^2$ ), полівка темна (*Microtus agrestis*, 2 екз.) зловлена в Рудому Лісі.

Стандартний каріотип звичайної полівки (*Microtus arvalis* Pallas, 1779),  $2n=46$ ,  $Fna=84$ ) відповідає стандартному для "arvalis". Він був представлений 4 парами великих метацентричних хромосом (1–4), однією парою великих субметацентричних хромосом (5), 13 парами дрібних мета- і субметацентричних хромосом (№ 6–18), 4 парами дрібних акроцентричних хромосом (19–22). Х-хромосома – метацентрична, що займає проміжне положення між 5-ю і 6-ю хромосомами. Y-хромосома – найдрібніший акроцентричний.

Стандартний каріотип сибірської полівки (*Microtus oeconomus* Pallas, 1776) складається з 30 хромосом. Хромосома 1 – великий субметацентричний, хромосоми 2–9 – ряд середніх за розміром мета- і субметацентриків, хромосома 10 – субметацентрична, у якого співвідношення довжин пліч приблизно відповідає 1:5 (субтелоцентрична), хромосоми 11–13 – дрібні мета- і субметацентрики, одна пара хромосом (14) – дрібні акроцентрики. Хромосома X за морфологією і розміром відповідає групі середніх хромосом, Y-хромосома – найдрібніший акроцентричний. Таким чином, при рутинному забарвленні легко типуються хромосоми 1, 10, 14, Y; виділяються групи середніх та дрібних мета- і субметацентриків.

Каріотип рудої полівки (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780)  $2n=56$ ,  $Fna=56$  вперше описаний Маттеєм і Рено. У різних підвидів виявлена географічна мінливість форми Y-хромосоми [10–11]. Для роду в цілому типове диплоїдне число хромосом – 56. Каріотип містить 54 аутосоми (52 акроцентрика, які складають по зменшенню розмірів безперервний ряд, два дрібних метацентрика) і пара статевих хромосом. У самок  $NF=58$ , у самців  $NF=59$ . X-хромосома завжди представлена великим акроцентриком, Y-хромосома – найдрібніша хромосома, причому існує географічна мінливість її форми: у *C. g. garganicus* і *C. g. isticus* з Південної Європи це акроцентрична хромосома, у всіх інших форм із Західної та Східної Європи Y-хромосома – дрібний метацентричний.

Каріотип полівки східноєвропейської (*Microtus rossiaemeridionalis* Ognev 1924) –  $2n=54$ ,  $Fna=54$  – представлений 54 хромосомами, з яких дві пари (найбільша та найменша в наборі) є субмета- і метацентричними [8, 9]. Всі інші хромосоми, включаючи статеві, акроцентричні.

Каріотип полівки темної (*Microtus agrestis* L., 1761) має хромосомні числа  $2n=50$  та  $Fna=54$  і представлений переважно акроцентричними хромосомами. Виняток становить лише велика субметацентрична X-хромосома, яка в декілька разів більша за найбільшу з аутосом. Y-хромосома за розміром займає проміжне положення.

Препарати клітин кісткового мозку готували загальноприйнятим засобом (без використання колхіцину). Для цитогенетичного аналізу розглядали наступні характеристики дестабілізації генетичного апарату клітин:

- анеуплоїдія, розрахована в двох варіантах (A1, з числом хромосом  $\pm 2 \dots 6$  до стандартного диплоїдного числа і A2, з числом хромосом  $\pm 1$ ),
- поліплоїдія (ПП),
- хромосомні аберації (ХА) (хромосомні, хроматидні розриви, фрагменти, кільцеві хромосоми),
- асинхронність розщеплення центромерних районів хромосом (АРЦХ),
- міжхромосомні асоціації за типом Робертсонівських транслокацій (РБ).

Кількість мітозів (МІ) і частоту двоядерних лімфоцитів (ДЛ) розраховували на 1000 клітин, мікроядра в одноядерних лімфоцитах (ЛМЯ) – за числом лімфоцитів з мікроядрами на 1000 одноядерних лімфоцитів.

Препарати фарбували барвником Гімза (Gymza, Merk). Для аналізу клітин використовували бінокулярний мікроскоп фірми Carl Zeiss Jena при збільшенні в 1000 разів. Статистичну достовірність розбіжностей за цитогенетичними аномаліями між групами тварин оцінювали за критерієм Стьюдента (tS).

## Результати та обговорення

У полівки, зловлених в районах з низьким і високим рівнем радіаційного забруднення, були виконані порівняння частот зустрічальності різних цитогенетичних аномалій в клітинах кісткового мозку. Результати представлені в табл. 1.

У полівки звичайної в умовах високого рівня забруднення Рудого лісу статистично достовірно нижча частота зустрічальності АРЦХ ( $p < 0,05$ ), проте вище число ДЛ ( $p < 0,05$ ), ЛМЯ ( $p < 0,001$ ) і частота клітинних поділів ( $p < 0,001$ ) у порівнянні з тваринами із умовно контрольних районів. У рудій полівки також достовірно вище кількість мітозних клітин ( $p < 0,05$ ) і ДЛ ( $p < 0,05$ ). У полівки сибірської, як і у полівки звичайної, в більш забрудненому районі достовірно нижче частота АРЦХ ( $p < 0,05$ ) і вище – клітинних поділів ( $p < 0,05$ ).

Отже, в умовах високого рівня радіонуклідного забруднення у всіх видів полівки збільшується клітинна проліферація, на фоні якої дещо знижується частота зустрічальності метафаз с асинхронністю розщеплення центромерних районів.

Спонтанні та індуквані мутаційні спектри в клітинах кісткового мозку різних видів полівки також відрізняються між собою. Так, частота анеуплоїдних клітин (А–1) статистично достовірно вища у звичайної полівки ( $p < 0,05$ ) у порівнянні з сибірською полівкою, частота РБ у рудій полівки достовірно вища ( $p < 0,001$ ), ніж у звичайної полівки, частота АРЦХ у звичайної полівки і сибірської полівки вища ( $p < 0,01$  для обох видів) у порівнянні зі східноєвропейською полівкою.

Таблиця 1. Спонтанні та індуковані мутаційні спектри у різних видів полівок  
Table 1. Spontaneous and induced mutation spectra at the various species of voles

N р- ни	Кіль- кість мета- фаз	Доля метафаз						На 1000 одноклітинних лімфоцитів		
		з А1	з А2	Поліпл.	з РБ	з ХА	з АРЦХ	Мітозів	ДЛ	ЛМЯ
Роз'їзже (<5 Кі/км <sup>2</sup> ) <i>Microtus arvalis</i>										
15	948	44,4±5,1	8,6±2,8	0,9±0,5	1,0±0,5	2,5±0,6	16,5±4,9	4,5±0,9	5,0±0,8	3,0±0,4
Чистоголовка (>500 Кі/км <sup>2</sup> )										
9	784	52,7±8,3	17,9±4,4	0	0,4±0,4	3,6±0,8	3,7±0,7	10,0±0,6	7,9±0,3	6,8±0,5
Лелев (~ 20 Кі/км <sup>2</sup> ) <i>M. rossiaemeridionalis</i>										
3	170	36,3±13,9	5,0± 3,4	3,4± 3,4	31,6±25,9	2,0±2,0	0,7±0,7	3,6±2,8	3,4±1,3	2,4±0,8
Неданчичи (<5 Кі/км <sup>2</sup> ) <i>Clethrionomys glareolus</i>										
4	97	33,7±6	9,0±3,5	14,0±3,5	0,5±0,5	1,2±0,7	6,2±3,6	3,2±0,6	3,5±0,6	5,5±1,5
Рудий ліс (~1000 Кі/км <sup>2</sup> )										
3	252	33,7±0,9	5,0±2,1	3,7±3,7	5,7±3,3	7,3±3,4	2,3±1,9	10,3±1,9	7,0±1,0	9,3±1,9
Лелев (~ 20 Кі/км <sup>2</sup> ) <i>Microtus oeconomus</i>										
4	370	21,2±6,4	4,2±1,4	1,7±0,8	0	2,7±0,9	12,7±3,3	3,7±0,2	8,0±2,1	4,5±0,9
Озеро Глибоке (500 Кі/км <sup>2</sup> )										
6	579	23,0±5,0	12,5±4,7	0	0	5,0±0,9	1,8±0,7	9,8±0,6	7,2±0,4	5,5±0,6
Рудий ліс (~ 1000 Кі/км <sup>2</sup> ) <i>Microtus agrestis</i>										
2	124	25± 25	3,9± 3,6	0	16,1±11,9	9,7±1,4	21,7±11,6	1,5±0,5	1,8±0,2	2,8±0,2

Таблиця 2. Участь в анеуплоїдії та в асинхронності розщеплення центромер різних груп хромосом у полівок рудих (*Clethrionomys glareolus*) із 30-км зони відчуження ЧАЕС

Table 2. Participation of various chromosome groups in the aneuploidy and asynchronic centromere fission at the *Clethrionomys glareolus* from 30-km zone of Chernobyl Plant

Анеуплоїдія:

Тварина	Місце відлову	1 група (1-9 п.хр.), %	2 група (10-19 п.хр.), %	3 група (20-26 п.хр.), %	4 група (27 п.хр.), %	5 група ( 28 п.хр.), %
16	Неданчичи	10,0	25,0	45,0	5,0	15,0
20	Неданчичи	21,6	28,5	29,9	20,0	0
Середнє, %		15,8±5,8	26,8±1,8	37,5±7,6	12,5±7,5	7,5±6,8
10	Рудий ліс	36,7	11,7	43,3	6,7	1,7
85	Рудий ліс	29,4	25,1	25,3	1,7	18,8
87	Рудий ліс	39,7	14,4	32,4	5,3	8,3
8	Рудий ліс	35,3	21,7	21,1	11,9	10,0
Середнє, %		35,3±2,2**	18,2±3,1**	30,5±4,9	6,4±2,1	9,7±3,5
6	Копачи	19,7	13,7	31,3	16,5	18,8
5	Янов	25,0	7,0	55,7	12,5	0
4	Янов	17,2	25,4	42,9	8,3	6,1
4б	Янов	46,9	18,4	28,0	1,4	3,5
Середнє, %		27,2±6,8	16,1±3,9	39,5±6,3	9,7±3,1	7,1±4,1
Теоретично очікувано		32,1	35,7	25	3,6	3,6

Асинхронність розщеплення центромер:

Тварина	Місце відлову	1 група (1-9 п.хр.), %	2 група (10-19 п.хр.), %	3 група (20-26 п.хр.), %	4 група (27 п.хр.), %	5 група ( 28 п.хр.), %
16	Неданчичи	34,2	12,3	36,9	4,2	12,5
20	Неданчичи	25,0	5,6	19,5	50,0	0
Середнє, %		29,6±4,6	8,9±3,4	28,2±8,7	27,1±22,9	6,3±6,3
10	Рудий ліс	16,7	44,8	13,5	25,0	0
85	Рудий ліс	13,9	44,1	32,0	6,4	3,6
87	Рудий ліс	10,7	35,8	21,0	17,2	15,4
8	Рудий ліс	28,3	17,8	17,8	31,1	5,0
Середнє, %		17,4±3,8*	35,6±6,5*	21,1±4,0	19,9±5,3	6,0±3,3
6	Копачи	12,5	25,0	25,0	25,0	12,5
5	Янов	16,0	46,2	24,4	13,5	0
4	Янов	7,6	31,4	39,7	15,3	6,0
4б	Янов	22,7	19,2	38,0	15,1	2,5
Середнє, %		14,7±3,2*	30,5±5,8*	31,8±4,1	17,2±2,6	5,3±2,7
Теоретично очікувано		32,1	35,7	25	3,6	3,6

Одержані дані дозволяють зробити висновок про те, що підвищений рівень іонізуючого опромінення призводить до збільшення темпів клітинного поділу у досліджених видів полівок.

Видоспецифічними особливостями спонтанних та індукованих мутаційних спектрів були підвищений рівень частот зустрічальності метафаз з центричними злиттями за типом робертсонівських транслокацій у видів з перевагою у каріотипі ак-

роцентричних аутосом, підвищений рівень анеуплоїдних клітин у звичайної полівки, а також метафаз з асинхронним розщепленням центромерних районів у полівок звичайної і сибірської.

На наступному етапі нашої роботи ми порівняли участь індивідуальних хромосом у мутаційних спектрах, що спостерігалися з очікуваним у трьох видів полівок. В результаті одержані наступні дані.

Таблиця 3. Участь в анеуплоїдії і в асинхронності розщеплення центромер різних груп хромосом у полівки сибірської (*Microtus oeconomus*), зловленої в різних районах 30-кілометрової зони відчуження ЧАЕС

Table 3. Participation of various chromosome groups in the aneuploidy and asinchronic centromere fission at the *Microtus oeconomus* from 30-km zone of the Chornobyl Plant

Анеуплоїдія:

Кіл-ть мета-фаз	M=30		M=31		M=29		Втрати хромосом					
	Кіл-сть метафаз	%	Кіл-сть метафаз	%	Кіл-сть метафаз	%	1	2-9, X	10	11-13	14	N
24	17	70,8	2	8,3	4	16	-	5	1	3	1	-
46	32	69,6	-	0	7	15,2	-	12	4	9	3	-
49	30	61,2	5	10,2	5	10,2	1	7	2	4	3	-
52	36	69,2	10	19,2	2	3,8	-	5	2	6	-	-
29	21	72	-	0	4	13,8	-	2	2	1	3***	4***

Асинхронність розщеплення центромер:

Кіл-ть метафаз	метафаз з АРЦРХ	Хромосом з АРЦРХ			Індивідуальні показники для окремих груп хромосом						
		Кіл-сть	%	Кіл-сть	на 1 метафазу	1	2-9, X	10	11-13	14	N
24	4	16,7	3	0,13	-	-	1	1	1	-	-
46	12	24,5	18	0,39	-	8	1	6	3	-	-
49	15	30,6	29	0,59	1	7	6***	6	9***	1	-
52	11	21,2	22	0,42	2	11	4	3	2	-	-
29	3	10,3	4	0,14	-	2	1	1	-	-	-

Таблиця 4. Участь в анеуплоїдії та в асинхронності розщеплення центромер різних груп хромосом у полівки сибірської (*Microtus arvalis*), зловленої в різних районах 30-кілометрової зони відчуження ЧАЕС.

Table 4. Participation of various chromosome groups in the aneuploidy and asinchronic centromere fission at the *Microtus arvalis* from 30-km zone of Chornobyl Plant

Анеуплоїдія:

Кількість метафаз	M=46		M=45		M=47		Втрати хромосом					
	Кіл-ть метафаз	%	Кіл-ть метафаз	%	Кіл-ть метафаз	%	Всього хромосом	1-5	6-18	19-22	X	Y
43	30	69,8	4	9,3	2	4,7	23	2	8	13	0	0
42	22	52,4	5	11,9	4	9,5	31	0	26	3	2	0
56	38	67,9	5	8,9	7	12,5	18	0	8	8	2	-
40	29	72,5	3	7,5	5	12,5	19	1	9	7	1	1
30	22	73,3	1	3,3	3	10,0	13	1	7	5	0	-
43	18	41,9	5	11,6	4	9,3	30	2	21	7	0	-

Асинхронність розщеплення центромер:

Кількість метафаз	Метафаз з АРЦРХ		Хромосом з АРЦРХ	Індивідуальні показники для окремих груп хромосом				
	Кількість	%		Кількість	1-5	6-18	19-22	X
43	22	51,2	50	10	32	4	3	1
42	13	31,0	33	2	23	6	2	0
56	33	58,9	126	18	82	17	9	-
40	18	45,0	46	7	24	12	3	0
30	10	33,3	24	6	16	0	2	-
43	17	49,5	48	3	37	7	1	-

У руді полівки в анеуплоїдію з підвищеною частотою в Рудому лісі втягувалась група найбільших хромосом, але та ж група хромосом зі зниженою частотою зустрічалася серед хромосом з асинхронним розщепленням центромерних районів (табл. 2).

У сибірської полівки в анеуплоїдію і асинхронність розщеплення центромер найчастіше очікуваного виявилися втягнуті хромосоми 10 і 14 (acrocentric хромосоми, нетипові для аутосом цього виду) (табл. 3).

У звичайної полівки найчастіше в анеуплоїдію втягувалась група найдрібніших хромосом, а група великих – найрідше. Тим не менш, за групою великих хромосом частіше, ніж можна було б очікувати, спостерігалася асинхронність розщеплення центромерних районів (табл. 4).

Отримані дані свідчать про видоспецифічність участі в різних типах цитогенетичних аномалій великих та дрібних хромосом, а також залежності такої участі від специфічних особливостей морфології окремих хромосом.

Звертає на себе увагу той факт, що у полівки темної, у якої розмір X-хромосоми суразмірний з

сумарною довжиною майже 10-ти аутосом того ж виду, не спостерігається підвищеної участі X-хромосоми в цитогенетичних аномаліях, а також не виявляється збільшеної кількості таких цитогенетичних дефектів, як одноядерні лейкоцити з мікроядрами.

## Висновки

Спонтанні мутаційні спектри цитогенетичних аномалій в клітинах кісткового мозку характеризуються вираженою видоспецифічністю у досліджених видів полівок не тільки за переважним типом цитогенетичних аномалій (центричні злиття – у видів з перевагою акроцентричних хромосом; анеуплоїдія – у звичайної полівки, асинхронність розщеплення центромер – у звичайної і сибірської полівки), але й за участю в них індивідуальних хромосом (великі хромосоми найчастіше беруть участь в анеуплоїдії у руді полівки, дрібні – у звичайної полівки; у сибірської полівки – хромосоми 10 і 14). В умовах хронічної дії низькодозового іонізуючого опромінення у всіх досліджених полівок спостерігається збільшення темпів клітинного поділу в кістковому мозку.

1. Гилева Э. А. Эколого-генетический мониторинг с помощью грызунов (уральский опыт). – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 1997.
2. Гилева Э. А., Косарева Н. Л., Любашевский Н. Л., Бахтиярова М. Ф. Изменчивость частоты хромосомных нарушений, индуцированных антропогенными поллютантами, у домашних мышей из Гиссарской долины // Экология. – 1993. – № 1. – С. 62–70.
3. Гилева Э. А., Любашевский Н. М., Стариченко В. И., Чибиряк М. В., Романов Г. Н. Наследуемая хромосомная нестабильность у обыкновенной полевки (*Microtus arvalis*) из района Кыштымской ядерной аварии – факт или гипотеза? // Генетика. – 1996. – Том 32, № 1. – С. 114–119.
4. Гилева Э. А., Нохрин Д. Ю., Стариченко В. И. Хромосомная нестабильность у потомков полевок из зоны радиационного неблагополучия // Генетика. – 2000. – Том 36, № 5. – С. 714–717.
5. Гончарова Р. И., Рябokonь Н. И., Луквин А. М. Динамика мутабельности соматических и половых клеток животных, населяющих районы выпадения радиоактивных осадков // Цитология и генетика. – 1996. – Том 30, № 4. – С. 35–41.
6. Дмитриев С. Г. Оценка цитогенетического гомеостаза в природных популяциях мелких мышевидных грызунов в районе нижней (г. Астрахань) и средней (г. Чапаевск) Волги // Генетика. – 1997. – Том 33, № 11. – С. 1589–1592.
7. Дмитриев С. Г. Цитогенетическая нестабильность у трех видов грызунов в районе химического предприятия на севере России // Экология. – 1997. – № 6. – С. 447–451.
8. Загороднюк И. В. Кариотипическая изменчивость 46-хромосомных форм полевок группы *Microtus arvalis* (Rodentia): таксономическая оценка // Вестник зоологии. – 1991. – № 1. – С. 36–45.
9. Зима Я., Загороднюк И. В., Гайченко В. А., Жежерина Т. О. Полиморфизм и хромосомная изменчивость *Microtus rossiaemeridionalis* (Rodentiformes) // Вестник зоологии. – 1991. – N 4. – С. 48–53.
10. Kral B., Lehmann von E., Zejda J. Die Hybriden zweier Unterarten der Rotelmaus (*Clethrionomys glareolus* Schreb.) // Zool. Listy. – 1972. – Vol. 21, N 1a. – P. 43–61.
11. Mazurok N. A., Nesterova T. B., Zakian S. M. High-resolutions G-banding of chromosomes in *Microtus subarvalis* (Rodentia, Arvicolidae) // Hereditas. – 1995. – Vol. 123. – P. 47–52.

Отримано: 11 листопада 2004 р.

Прийнято до друку: 15 березня 2005 р.