

УДК 595.763.33 : 575.21

<https://orcid.org/0000-0001-9627-3297>

<https://orcid.org/0000-0001-7425-9013>

## МОРФОЛОГІЧНА МІНЛИВІСТЬ ПРЕДСТАВНИКІВ ПЕДОБІОНТІВ-ЗООФАГІВ НА ПРИКЛАДІ *CARABUS GRANULATUS* LINNAEUS, 1758 (COLEOPTERA, CARABIDAE) В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО ПРЕСУ

Ю.Л. Кульбачко д.б.н., проф., О.О. Дідур к.б.н.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

[kulbachko57@ua.fm](mailto:kulbachko57@ua.fm)

[didur@ua.fm](mailto:didur@ua.fm)

Досліджено морфологічну мінливість представників педобіонтів-зоофагів на прикладі туруна *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera, Carabidae) на ділянках: в безпосередній близькості до Кам'янського цементного заводу та без техногенного впливу. Встановлено статистичні відмінності морфометричних ознак (довжина та ширина голови; передньоспинки; надкрил; довжина вусиків), які більші для турунів, що мешкають на території, близької до цементного виробництва, порівняно з контрольною ділянкою. З'ясовано, що ступінь цефалізації у *C. granulatus* Linnaeus, 1758 можна використовувати як одну з провідних ознак під час біоіндикаційних досліджень.

**Ключові слова:** туруни, *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758, цементне виробництво, морфометрія, цефалізація.

**Morphological variability of soil-dwelling zoophages using example of *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera, Carabidae) at conditions of technogenic pressing.** Kulbachko Yu.L., Didur O.O. – Morphological variability of soil-inhabiting zoophagous granulated carabid *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera, Carabidae) was studied at the site in close proximity to a cement plant (Kamenskoe Cement Plant “HeidelbergCement Ukraine”) and at the control site without anthropogenic impact. Statistically significant differences in morphometric features (length and width of head, width and length of pronotum, length and width of elytra, length of antennae) were found. Studied parameters were larger for ground beetles living in the biotopes subjected to the influence of cement production compared to the ones, dwelling the control area. The *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 species is clearly responsible to changes in livelihoods, including anthropogenic pressure. This is manifested in increasing in the values of morphometric characteristics of individuals. It is established, that the extent of cephalization of ground beetle *C. granulatus* Linnaeus, 1758 can be used as one of the key signs in bioindication studies.

**Key words:** ground beetles, *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758, cement production, morphometry, cephalization.

### ВСТУП

Екологічна ситуація в багатьох регіонах України визнана напруженою і потребує свого вирішення. Одним з таких регіонів є Дніпропетровщина, на території якої розташовані великі підприємства металургійної, гірничо-видобувної, хімічної промисловості та агропромислового комплексу. Усі ці підприємства, в тій чи іншій мірі завдають шкоди навколишньому середовищу:

змінюються природні ландшафти, хімічний і фізичний склад та властивості ґрунтів, забруднюються водні екосистеми, що в свою чергу негативно впливає на рослинність, тварин і, в решті решт, на здоров'я людини. Внаслідок такого антропогенного впливу розвиваються такі деструктивні процеси в екосистемах як дегуміфікація, девеgetація, промислове спустелювання, зменшення біорізноманіття екосистем [6–8; 18–20].

На території м. Кам'янське, яке входить до складу Дніпровської агломерації (Дніпропетровська обл.) розташований Кам'янський цементний завод “ХайдельбергЦемент Україна” – підприємство, що спеціалізується на випуску цементу шлакових видів. Виробництво цементу супроводжується надходженням у навколишнє середовище твердих та газоподібних забруднювачів (цементного та іншого мінерального пилу, сажі, ртуті, сірчаного ангідриду, оксиду вуглецю, окислів азоту, різних вуглеводнів, ванадію, марганцю, аміаку, сірководню та ін.) [3].

Вивчення впливу токсичного навантаження, штучних синтетичних речовин, автомагістралі на зміни структури тваринного населення безхребетних природних екосистем та в модельних умовах проводилось багатьма науковцями [1, 10, 16, 21], проте це питання стосовно дії викидів цементного виробництва дотепер залишається недостатньо вивченим. Аналітичний огляд впливу промисловості на фауну підстилково-ґрунтових безхребетних наведено в багатьох публікаціях [11, 12, 15]. Вплив комплексу антропогенних чинників призводить до перебудови в населенні безхребетних тварин, зокрема таксономічної структури, чисельності, структури домінування, статевої структури тощо. Однією з ознак такої реакції у популяціях безхребетних тварин є фенотипічний поліморфізм. Наймінливіші ознаки, які характеризують розмір особини – лінійні та вагові показники. Розмірне різноманіття організмів обумовлене впливом на процес росту як генетичних факторів, так і чинників навколишнього середовища [4,5, 13, 15].

Мета даної роботи – виявити ознаки, за якими спостерігається максимальна мінливість у *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera, Carabidae), як представника зоофагів у зоні антропогенного навантаження

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведено на ділянці у промисловій зоні м. Кам'янське в штучному білоакацієвому насадженні, яке знаходиться в безпосередній близькості до Кам'янського цементного заводу “ХайдельбергЦемент Україна”. За еталонну ділянку обрано штучне білоакацієве насадження на плакорі території Міжнародного Присамарського біосферного стаціонару ім. О.Л. Бельгарда (с. Андріївка, Новомосковський р-н, Дніпропетровська обл.).

Збір безхребетних проводили із використанням пасток Барбера за загальноприйнятою ґрунтово-зоологічною методикою [9]. Розміри імаго *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 визначали за допомогою окуляра-мікрометра

бінокуляра МБС–9. У дослідженні використовували характеристики лінійних розмірів туруна: довжини відділів тіла (голова, передньоспинка, надкрила, вусики) та частин кінцівок (стегно, гомілка, лапка).

Види роду *Carabus* описані в літературі як широкі полізоофаги [2]. Об'єктом дослідження був турун *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758. Це великий жук довжиною 18–26 мм з бронзовим або зеленуватим верхом, стегна чорні, іноді червоні, мезогігрофіл. Віддає перевагу зволуженим біотопам, звичайний у сирих заплавлених лісах і на луках. Має одно-дворічний цикл розвитку. Зимує частіше на стадії імаго, розмноження – весняно-літнє. Неспеціалізований хижак, поширений по всьому Євразійському континенту [14].

Статистичну обробку здійснювали у пакеті прикладних програм Excel та Statistica. Серед показників описової статистики визначали середнє арифметичне, його стандартну похибку, коефіцієнт варіації, ексцес та асиметрію. За поріг довірчої ймовірності обрано вірогідність 95%.

Стисла характеристика пробних ділянок:

1. Еталонне штучне білоакацієве насадження на плакорі (контроль). Типологічна формула насадження:

$$\frac{\text{ЧЛП СГ}_1}{\text{н/осв} - \text{II}} 10 \text{ А.б.}$$

Ґрунт – чорнозем звичайний лісополіпшений, слабковилужений, середньосуглинистий на лесоподібних суглинках. Насадження представлено породою – білою акацією *Robinia pseudoacacia* L., 1753. Тип посадки – рядовий. Середня висота деревостану – 8 м, середній діаметр стовбуру – 15 см. Зімкнутість крон – 0,5–0,6. Чагарниковий ярус представлений бузиною червоною *Sambucus racemosa* (L.) Sp. Pl., 1753 та свидиною кров'яною *Swida sanguinea* (L.) Opiz. У травостой панують злаки: келерія сиза *Koeleria glauca* (Spreng) DC, костриця валіська *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin. Із різнотрав'я зустрічається полин австрійський *Artemisia austriaca* Jacq., 1773, деревій майже звичайний *Achillea submillefolium* L., 1753. Лісова підстилка потужністю 1–3 см.

2. Штучне білоакацієве насадження поблизу цементного виробництва (м Кам'янське). Насадження представлено породою – білою акацією *Robinia pseudoacacia* L., 1753. Типологічна формула:

$$\frac{\text{ЧЛП СГ}_2}{\text{н/осв} - \text{III}} 10 \text{ А.б.}$$

Тип посадки – рядовий. Середня висота деревостану близько 15–17 м, середній діаметр стовбурів близько 25–35 см. Зімкнутість крон 0,9–1. Вік насадження близько 50–60 років. Чагарниковий ярус представлений бузиною чорною *Sambucus nigra* L., 1753, висота до 2,5 метрів. Переважають мертвопокровні ділянки. У травостані домінують підмаренник чіпкий *Galium aparine* L., 1753 та чистотіл великий *Chelidonium majus* L., 1753. Потужність підстилки 1–2,5 см.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Серед досліджених морфометричних характеристик *C. granulatus* Linnaeus, 1758 спостерігаються достовірні відмінності між турунами з контролю та ділянки під впливом антропогенного навантаження за такими показниками як: довжина та ширина голови; надкрил; ширина передньоспинки; довжина вусиків (табл. 1). Достовірні відмінності не відзначені лише за довжиною передньоспинки.

Таблиця 1

### Морфологічна мінливість морфометричних характеристик *C. granulatus* Linnaeus, 1758

Дослідна ділянка	Середнє значення та стандартна похибка	Діапазон коливань	Коефіцієнт варіації, %	Екссес	Асиметричність	Достовірність відмінності між субпопуляціями, ( $F_{кр 0,05} = 3,92$ ; $F_{кр 0,01} = 6,85$ ; $F_{кр 0,001} = 11,4$ )	
						F	p
Довжина голови							
Control	3,12 ± 0,008	3,15 – 3,70	2,73	1,26	-0,025	83,5	< 0,001
Polluted	3,81 ± 0,009	3,51 – 3,92	6,66	-1,30	0,093		
Ширина голови							
Control	2,15 ± 0,004	2,05 – 2,90	1,09	0,16	0,018	11,5	< 0,001
Polluted	2,91 ± 0,009	2,60 – 3,30	4,32	-1,36	-0,121		
Довжина передньоспинки							
Control	3,95 ± 0,004	3,90 – 4,00	0,81	2,18	0,005	1,84	> 0,1 0,178
Pollution	3,94 ± 0,004	3,90 – 4,00	0,76	-0,86	0,466		
Ширина передньоспинки							
Control	4,16 ± 0,008	3,83 – 4,54	4,24	1,23	0,039	45,0	< 0,001
Pollution	4,94 ± 0,004	4,86 – 5,15	2,65	-1,02	0,312		
Довжина надкрил							
Control	12,51 ± 0,023	12,1 – 12,9	1,30	0,13	-0,09	31,1	< 0,001
Pollution	13,34 ± 0,027	13,0 – 13,7	1,55	-1,09	0,137		
Ширина надкрил							
Control	7,65 ± 0,0036	7,3 – 8,0	5,35	2,56	0,23	40,45	< 0,001
Pollution	8,10 ± 0,007	7,8 – 8,3	0,71	-0,94	0,11		
Довжина вусиків							
Control	10,90 ± 0,007	11,5 – 11,7	0,49	0,94	0,15	24,31	< 0,001
Pollution	11,71 ± 0,015	11,5 – 11,9	1,02	-1,31	-0,07		

За практично всіма дослідженими розмірами відділами тіла туруна *C. granulatus* Linnaeus, 1758 спостерігаються більші їх значення для комах з промислової ділянки порівняно з контролем: довжина голови збільшується на 18,1%, ширина голови – на 35,3%, ширина передньоспинки – 18,8%, довжина надкрил – на 6,7%, ширина надкрил – на 5,9%, довжина вусиків – на 7,4%.

Характеристики з великим відносним приростом лінійних вимірів відділів тіла *C. granulatus* Linnaeus, 1758 – довжина (18,1%) та ширина голови (35,3%) – відображають ступінь “цефалізації” у туруна в умовах впливу цементного виробництва. Подібний висновок співпадає з результатами, одержаними науковцями у ході визначення морфологічної мінливості особин у популяції жорсткокрилих на прикладі *Philonthus decorus* Gravenhorst, 1802 (Coleoptera, Staphylinidae) [15].

Поряд з наведеними вище статистичними показниками (середнє арифметичне), для описання морфометричних ознак турунів, розраховані такі статистики як асиметрія, ексцес та коефіцієнт варіації. Для усіх морфометричних показників характерна слабка асиметричність розподілу значень, за ексцесом – притаманний плосковершинний розподіл значень порівняно з кривою нормального розподілу, за коефіцієнтом варіації досліджених характеристик усі сукупності даних можна вважати однорідними.

### ВИСНОВКИ

Вид *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 чітко реагує на зміни умов існування, зокрема на антропогенний тиск. Це виявляється у збільшенні значень морфометричних характеристик особин, відібраних на території, забрудненій викидами цементного виробництва порівняно з контрольною ділянкою без промислового впливу. Індикаційною ознакою забруднення навколишнього середовища викидами цементного виробництва серед таких морфометричних ознак як довжина та ширина голови, ширина та довжина передньоспинки, довжина та ширина надкрил, довжина вусиків є довжина та ширина голови, яку можна розглядати як ступінь цефалізації у комах.

### Література

1. Бригадиренко В.В., Черниш О.С. Вплив автомагістралі на окремі компоненти герпетобію штучних лісонасаджень Дніпропетровської області. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2003. 11 (1). С. 76–84.
2. Бригадиренко В.В. Конкуренція серед зоофагів із широким спектром живлення: дослідження на прикладі роду *Carabus*. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. 2006. 14 (2). С. 25–29.
3. Белый О.А., Зенич Т.С., Какарека С.В., Ковальчик Н.В., Кравчук Л.А. и др. Выбросы тяжелых металлов в атмосферу: Опыт оценки удельных показателей. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси, 1998. 153 с.
4. Дгебуадзе Ю.Ю. Экологические закономерности изменчивости роста рыб. М.: Наука, 2001. 276 с.
5. Дідух Я.П. Популяційна екологія. К.: Фітосоціоцентр, 1998. 192 с.
6. Долина О.О., Сметана О.М., Гапотченко В.І. Едафічні умови формування рослинності Марганецького мангановорудного родовища та її

флористична характеристика. Питання біоіндикації та екології. 2011. 16 (1). С. 109–134.

7. Клименко Г., Коваленко І., Лихолат Ю., Хромих Н., Дідур О., Алексеєва А. Інтегральна оцінка стану популяцій рідкісних видів рослин. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. 7 (2). С. 201–209.

8. Лисогор Л.П. Фітоценотична характеристика рослинних угруповань перелогів (Апостолівський геоботанічний район). Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. 2007. 11 (36). С. 64–70.

9. Методы почвенно-зоологических исследований. Отв. ред. М.С. Гиляров. М.: Наука, 1975. 280 с.

10. Пахомов О.Є., Кунах О.М. Дощові черв'яки в умовах експериментального забруднення ґрунту нікелем та свинцем в присутності пшениці. Вісник Запорізького університету. Серія Фізико-математичні науки. Біологічні науки. 2004. 2. С. 192–196.

11. Прокопенко Е.В., Жуков А.В. Разнообразие герпетобионтных беспозвоночных на экспериментальном участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью. Проблемы экологии та охорони природи техногенного регіону. 2011. 1 (11). С. 172–187.

12. Слинко В.А., Бригадиренко В.В., Пахомов О.Е. Морфологическая изменчивость *Vembidion varium* (Carabidae, Coleoptera) в условиях антропогенного воздействия. Известия НАН Азербайджана (биологические науки). 2008. 64 (5–6). С. 200–206.

13. Солбриг О.Т., Солбриг Д.Д. Популяционная биология и эволюция. М.: Мир, 1982. 488 с.

14. Суходольская Р.А., Савельев А. А. Влияние экологических факторов на размерные признаки жужелицы *Carabus granulatus* L. (Coleoptera, Carabidae). Экология. 2014. 5. С. 369–375.

15. Фали Л.І., Бригадиренко В.В. Морфологічна мінливість особин у популяції *Philonthus decorus* (Coleoptera, Staphylinidae) Науковий вісник Ужгородського ун-ту. Серія: Біологія. 2007. 20. С. 66–71.

16. Boyko A.A., Brygadyrenko V. V. Changes in the viability of *Strongyloides ransomi* larvae (Nematoda, Rhabditida) under the influence of synthetic flavourings. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. 8 (1). P. 36–40.

17. Brygadyrenko V., Ivanyshyn V. Changes in the body mass of *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) and the granulometric composition of leaf litter subject to different concentrations of copper. *Journal of Forest Science*. 2015. 61 (9). P. 369–376.

18. Faly L. I., Kolombar T.M., Prokopenko E.V., Pakhomov O.Y., Brygadyrenko V.V. Structure of litter macrofauna communities in poplar plantations in an urban ecosystem in Ukraine. *Biosystems Diversity*. 2017. 25 (1). С. 29–38.

19. Lykholat T., Lykholat O., Antonyuk S. Immunohistochemical and biochemical analysis of mammary gland tumours of different age patients. *Cytology and Genetics*. 2016. 50 (1). P. 32–41.

20. Mbaya R.P. Land degradation due to mining: The gunda scenario. *International Journal of Geography and Geology*. 2013. 2 (12). P. 144–158.

21. Shulman M.V., Pakhomov O.Y., Brygadyrenko V.V. Effect of lead and cadmium ions upon the pupariation and morphological changes in *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae). *Folia Oecologica*. 2017. 44 (1). P. 28–37.

**Морфологическая изменчивость представителей педобионтов-зоофагов на примере *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera, Carabidae) в условиях техногенной нагрузки. Кульбачко Ю.Л., Дидур О.А.** – Исследована морфологическая изменчивость представителей педобионтов-зоофагов на примере жужелицы *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera, Carabidae) на участках: в непосредственной близости к предприятию по производству цемента (Каменской цементный завод “ХайдельбергЦемент Украина”) и без техногенного воздействия. Установлены статистические отличия морфометрических признаков (длина и ширина головы, переднеспинки, надкрыльев, длина усиков), которые по величине больше для жужелиц, обитающих на территории, испытывающей влияние цементного производства по сравнению с контрольным участком. Установлено, что степень цефализации у жужелицы *C.granulatus* можно использовать как один из ведущих признаков в биоиндикационных исследованиях.

**Ключевые слова:** жужелицы, *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758, цементное производство, морфометрия, цефализация.