

*Сіренко А. Г.* – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та екології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

*Ельцов А. Л.* – асистент кафедри біології та екології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

**Рецензент:** доктор біологічних наук, професор кафедри біології та екології Парпан В. І.

УДК 632.937.2+575.177+591.151.2

## **АНАЛІЗ МІКРОЕВОЛЮЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ КАРПАТСЬКИХ ПОПУЛЯЦІЙ *TRICHIUS FASCIATUS* L. ПО ЧАСТОТАХ ЗУСТРІЧІ ФЕНІВ ЗАБАРВЛЕННЯ ВОЛОСКІВ НА ПЕРЕДНЬОСПИНЦІ ІМАГО**

***О. М. Слободян, А. Г. Сіренко***

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
e-mail: bratlibo@yahoo.co.uk

*Досліджено новий маркер мікроеволюційних процесів популяції *Trichius fasciatus* Linnaeus, 1758 – фени по забарвленню волосків передньоспинки імаго. Показано, що структура досліджених популяцій по частоті цих фенів стабільна в часі і може служити показником між популяційних дистанцій.*

**Ключові слова:** *Trichius, популяція, мікроеволюція.*

***Slobodian O. M., Sirenko A. G. The analysis of microevolution processes in Carpathian population *Trichius fasciatus* Linnaeus, 1758 on frequency of hairs of front back colour fens. A new marker of microevolution process in population *Trichius fasciatus* Linnaeus, 1758 is hairs of front back colour fens. The structure of this population was stability in time and may be the marker of population distances.***

**Key words:** *Trichius, population, microevolution.*

### **Вступ**

Методи фенетики не дивлячись на свою відносну простоту і на перший погляд поверхових аналіз (на відміну від аналізу хромосомного, біохімічного, молекулярного поліморфізму) в якому аналізується виключно окремі морфологічні критерії дозволяють в окремих модельних системах зробити глибокий аналіз мікроеволюційних процесів. Зокрема, за допомогою методів фенетики здійснюється феногеографічний аналіз і за допомогою нього відтворюється реконструкція історії виду [24]. Фенетичний аналіз в окремих випадках дозволяє виявити внутрішньо популяційні групи і провести їх маркування за допомогою фенів. Іноді таке маркування дозволяє встановити межі таких внутрішньовидових одиниць як підвиди чи встановити границі елементарних популяцій у поліморфних видів та рівень диференціювання внутрішньо популяційних груп і встановити ступінь ізоляції [5, 12, 18]. У випадку наявності зв'язку окремих морфологічних фенів з резистентністю до інсектицидів вдається простежити вплив антропогенних факторів на мікроеволюційні процеси [28]. В окремих випадках вдається фенами маркувати певні динамічні процеси в популяції і простежувати зміни структури популяцій протягом тривалого часу. Загалом генофонд популяції застосовують як показник мікроеволюційного стану популяцій, впливу добору на динаміку полігенних систем [32]. Флуктуючу асиметрію білатеральних стуркур в природних популяціях використовують як показник стану популяцій, впливу антропогенного тиску на популяції і екосистеми, показник забруднення екосистем. Фенетичний аналіз використовують для оцінки міграцій, розсіювання і структурованості популяцій, встановлення популяційної структури виду і динаміки цієї структурованості, визначення маркерів адаптивності популяцій [16]. Фенетичний аналіз використовують для вивчення гомеостазу природних популяцій, реакцій популяцій на ізоляцію. Методи фенетики знайшли своє застосування в геногеографії, у вивченні мімікрії різних таксонів тварин, для вивчення кнілальної мінливості [9].

Вид *Trichius fasciatus* Linnaeus, 1758 давно став класичним об'єктом популяційних досліджень. В якості модельного об'єкту для вивчення вищезгаданих процесів його використовували Молодцов С. М. [3, 4], Новоженев Ю. І. [6 - 21]. В якості маркера для вивчення популяцій ці дослідники зокрема використовували фени та аберації по комбінації чорних плям на елітрах імаго. Інші морфологічні маркери, яких у даного виду є чимало (вид надзвичайно поліморфний) використовувались набагато менше. В цій роботі ми досліджували можливість використання фенів по забарвленню волосків передньоспинки в якості маркеру для вивчення поліморфізму популяцій та мікроеволюційних процесів.

### Матеріали і методи

Об'єктом досліджень цієї роботи були монтанні карпатські популяції виду *Trichius fasciatus* Linnaeus, 1758 (*Scarabeidae*, *Coleoptera*, *Insecta*). Всього було досліджено 7 монтанних карпатських популяцій цього виду. 7 досліджених вибірок можна вважати різними популяціями цього виду по причині розділеності досліджуваних локалітетів гірськими хребтами висотою від 1400 до 1758 м над рівнем моря (далі м н.р.м.), що суттєво перешкоджають міграції особин. Звичайно, імовірність потоку генів між досліджуваними групами існує, але ця імовірність достатньо низька для того, щоб стверджувати про достатньо високу степінь ізоляції між досліджуваними групами особин цього виду. Досліджувався феногенетичний поліморфізм, структура популяцій по частоті зустрічі різних морфологічних аберацій, динаміка феногенетичної структури, мікроеволюційні процеси в цілому. Всього протягом 2000-2006 рр. було досліджено 910 екземплярів комах досліджуваного виду, в тому числі: 51 у 2000 році, 586 у 2001 році, 97 у 2002 році, 78 у 2003 році, 66 у 2004 році, 32 екземпляри у 2005 році.

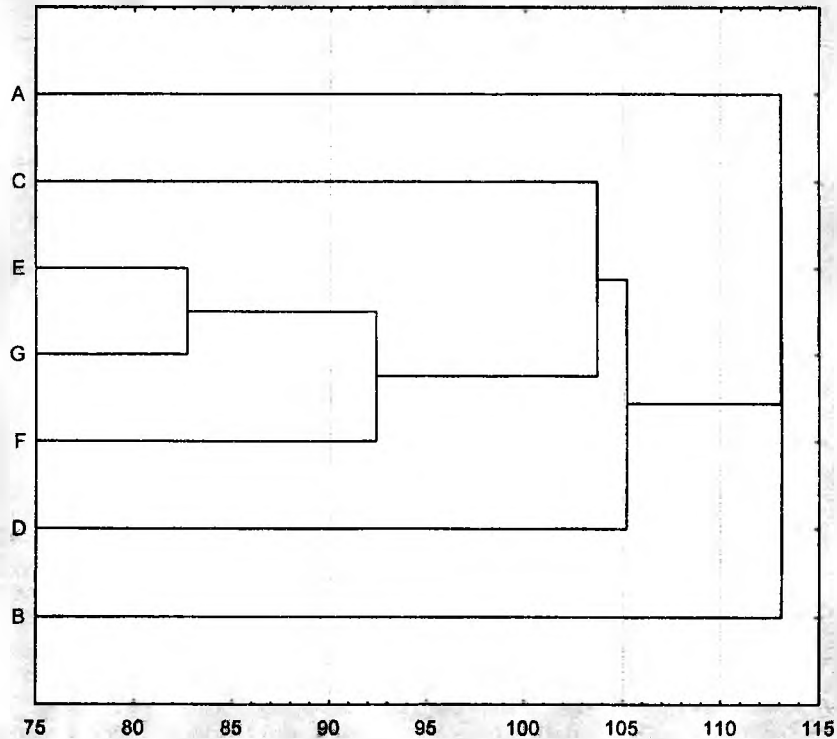


Рисунок 1. Географічні дистанції між дослідженими популяціями *Trichius fasciatus* L.



Рис. 2. Локалізація досліджених популяцій *Trichius fasciatus* L. А – долина р. Зубрівка; В – урочище «Нивки»; С

– долина р. Женець; D – долина р. Жонка; E – долина р. Піги; F – околиці с. Гута; G – долина р. Канюшанка. А–Е – східні Горгани; F–G – західні Горгани.

Для проведення досліджень використовувалось стандартне ентомологічне обладнання, бінокулярний мікроскоп фірми “Nicon”.

Відлов комах здійснювався з 10 по 21 серпня щороку в період 2000 – 2006 рр. в 7 різних популяціях Українських Карпат. Найбільша вибірка була отримана в 2001 р. Відлов здійснювався на квітучих рослинах з родини *Asteraceae* та на квітах *Filipendula ulmaria* L. Відлов комах здійснювався у наступних локалітетах: А – долина р. Зубрівка, урочище «Ельми», прирічкові луки оточені мішаним буково-ялицево-ялиновим лісом, 804 м н.р.м.; В – урочище «Нивки» прирічкові луки оточені мішаним буково-ялицево-ялиновим лісом з домішкою сосни кедрової та сосни альпійської, 1200 м н.р.м.; С – долина р. Женець, прирічкові луки оточені мішаним буково-ялицево-ялиновим лісом, 730 м н.р.м.; D – долина р. Жонка, прирічкові луки оточені мішаним буково-ялицево-ялиновим лісом, 710 м н.р.м.; Е – долина р. Піги, прирічкові заболочені луки оточені мішаним буково-ялицево-ялиновим лісом, 750 м н.р.м.; F – околиці с. Гута, прирічкові вологі луки оточені мішаним буково-ялицево-ялиновим лісом, 700 м н.р.м.; G – долина р. Канюшанка, прирічкові луки оточені мішаним буково-ялицево-ялиновим лісом, 1000 м н.р.м. Кількість досліджених екземплярів комах з різних популяцій зазначена в табл. 2.

Географічні відстані між дослідженими популяціями наведені в табл. 1. Дендрограма географічних дистанцій наведена на рис. 1. Якби мікроеволюційні процеси визначались би виключно фактором ізольованості популяцій, дендрограма міжпопуляційних відстаней виглядала б як на рис. 1.

Таблиця 1. Географічні відстані між різними дослідженими популяціями *Trichius fasciatus* L. в км.

	A	B	C	D	E	F	G
A	-	6	10	10	20	26	40
B		-	14	12	26	20	35
C			-	8	12	33	49
D				-	18	29	46
E					-	46	60
F						-	17
G							-

Статистичний аналіз здійснювався згідно методів і підходів як описано в [2]. Також використовувались програми “Excell-7” з пакету “Microsoft office-97” та програма “Statistica 6.0 rus”.

#### Результати та обговорення

В результаті проведених досліджень в 7 карпатських популяціях *Trichius fasciatus* Linnaeus, 1758 було виявлено 4 фени по забарвленню волосків на передньоспинці імаго:

1. Білі волоски передньоспинки (W).
2. Сірі волоски передньоспинки (G).
3. Жовті волоски передньоспинки (Y).
4. Руді волоски передньоспинки (R).

Кожному фену було дано умовне позначення (див. вище в дужках).

Частоти трапляння цих фенів у 7 досліджених популяціях *Trichius fasciatus* L. наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Відносні частоти зустрічі варіабельних фенів забарвлення волосків на передньоспинці імаго в 7 досліджених популяціях *Trichius fasciatus* Linnaeus, 1758 Українських Карпат у 2001 році. Показана відносна частота зустрічі фенів у різних популяціях.

№ п/п	Фен	Популяції						
		A	B	C	D	E	F	G
1	W	0,203	0,324	0,137	0,179	0,090	0,555	0,727
2	G	0,234	0,176	0,157	0,104	0,210	0,267	0,123
3	Y	0,391	0,294	0,343	0,583	0,230	0,055	0,068
4	R	0,172	0,206	0,363	0,134	0,470	0,123	0,082
Кількість досліджених екземплярів		64	34	102	67	100	146	73

Примітка: позначення популяцій як на рис. 4.

Статистичний аналіз отриманих результатів (табл. 3) показав, що більшість досліджених популяцій по частотах цих фенів статистично достовірно відрізняються. Найбільша статистична відмінність виявлена для

популяцій F та D ( $\chi^2 = 78,383$ ;  $P < 0,01$ ) – популяцій з околиць з с. Гута та з долини р. Жонка – відносно віддалені популяції розташовані на відстані 29 км і розділені чисельними гірськими хребтами. Найменш імовірна відмінність виявлена між популяціями А і В ( $\chi^2 = 2,381$ ;  $P > 0,5$ ) – географічно найбільш близькі популяції – локалізовані на відстані 6 км і розділені гірським хребтом. Як бачимо по цьому фену простежується певна незначна кореляція між географічною віддаленістю популяцій і їх статистичною подібністю.

Таблиця 3. Порівняльний аналіз частоти зустрічі варіабельних фенів забарвлення волосків на передньоспинці імаго в різних популяціях *Trichius fasciatus* L. північного мегасхилу Українських Карпат у 2001 р. Показано значення критерію Пірсона ( $\chi^2$ ) - вгорі. Виділено порівняння, які статистично вірогідно відрізняються. Критичне значення критерію Пірсона 7,815 (для  $P = 0,05$ ). Показано показник подібності популяцій (r) – внизу.

Популяції	A	B	C	D	E	F	G
A	-	2,381	7,514	6,146	17,076	45,174	40,128
B	0,987	-	6,999	7,559	14,229	20,943	18,095
C	0,975	0,968	-	14,300	5,417	74,941	66,532
D	0,976	0,956	0,952	-	32,075	78,383	52,824
E	0,941	0,934	0,987	0,892	-	77,298	76,975
F	0,878	0,927	0,829	0,789	0,813	-	7,823
G	0,836	0,904	0,780	0,777	0,738	0,978	-

Примітка: позначення популяцій як на рис. 4.

Аналіз отриманих результатів з використанням коефіцієнту фенетичної подібності (I) та значення міжпопуляційних фенетичних дистанцій (D) показав, що найбільш віддаленими популяціями є популяції E та G – популяції з долини р. Піги та долини р. Канюшанка – відносно віддалені популяції розташовані на відстані 60 км і розділені чисельними гірськими хребтами ( $I = 0,4402$ ;  $D = 1,0732$ ). Найбільш близькими по міжпопуляційним дистанціям виявились популяції А і В - географічно найбільш близькі популяції – локалізовані на відстані 6 км і розділені гірським хребтом ( $I = 0,9477$ ;  $D = 0,0537$ ) (табл. 4). Як бачимо по цим фенам простежується чітка клінальна мінливість в межах дослідженої території. Проте як бачимо дендрограми географічних відстаней і міжпопуляційних дистанцій не співпадають (рис. 3, 4). Очевидно крім фактора ізоляції популяцій вагомий вплив на фенотипічну структуру популяцій по цим фенам чинить фактор дрейфу генів.

Таблиця 4. Порівняльний аналіз частоти зустрічі фенів забарвлення волосків на передньоспинці імаго в різних популяціях *Trichius fasciatus* L. північного мегасхилу Українських Карпат у 2001 р. Показано значення коефіцієнту фенетичної подібності (I) - вгорі, значення міжпопуляційних фенетичних відстаней (D) – внизу.

Популяції	A	B	C	D	E	F	G
A	-	0,9477	0,9144	0,9331	0,7906	0,6547	0,5522
B	0,0537	-	0,8893	0,8451	0,7847	0,8270	0,7671
C	0,0895	0,1173	-	0,8450	0,9541	0,5319	0,4266
D	0,0692	0,1683	0,1684	-	0,6503	0,4402	0,4104
E	0,2350	0,2425	0,0470	0,4303	-	0,4903	0,3419
F	0,4236	0,1900	0,6313	0,8205	0,7127	-	0,9584
G	0,5938	0,2651	0,8519	0,8906	1,0732	0,0425	-

Таблиця 5. Аналіз динаміки популяції *Trichius fasciatus* L. долини р. Зубрівка в різні роки досліджень по відносній частоті зустрічі сукупності аберацій. Показано значення критерію Пірсона. Допустиме значення критерію Пірсона  $\chi^2 = 7,815$  (для  $P = 0,05$ ).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2000	-	0,182	2,078	0,558	0,440	0,485
2001		-	3,690	0,474	0,131	0,360
2002			-	2,668	5,059	3,723
2003				-	1,053	1,279
2004					-	0,158
2005						-

Дослідження стабільності поліморфізму та фенотипічних структур популяцій *Trichius fasciatus* L. по цим фенам показали, що одна з досліджених популяцій яка була вибрана в якості модельної зберігала свою фенотипічну структуру стабільною протягом 9 років – у 2000-2008 рр. В кожному випадку порівнянь у

вибірках з популяції А – урочища «Ельми» різних років досліджень не виявлено статистично достовірної різниці ( $P > 0,05$  в кожному випадку порівнянь) (табл. 5, рис. 4).

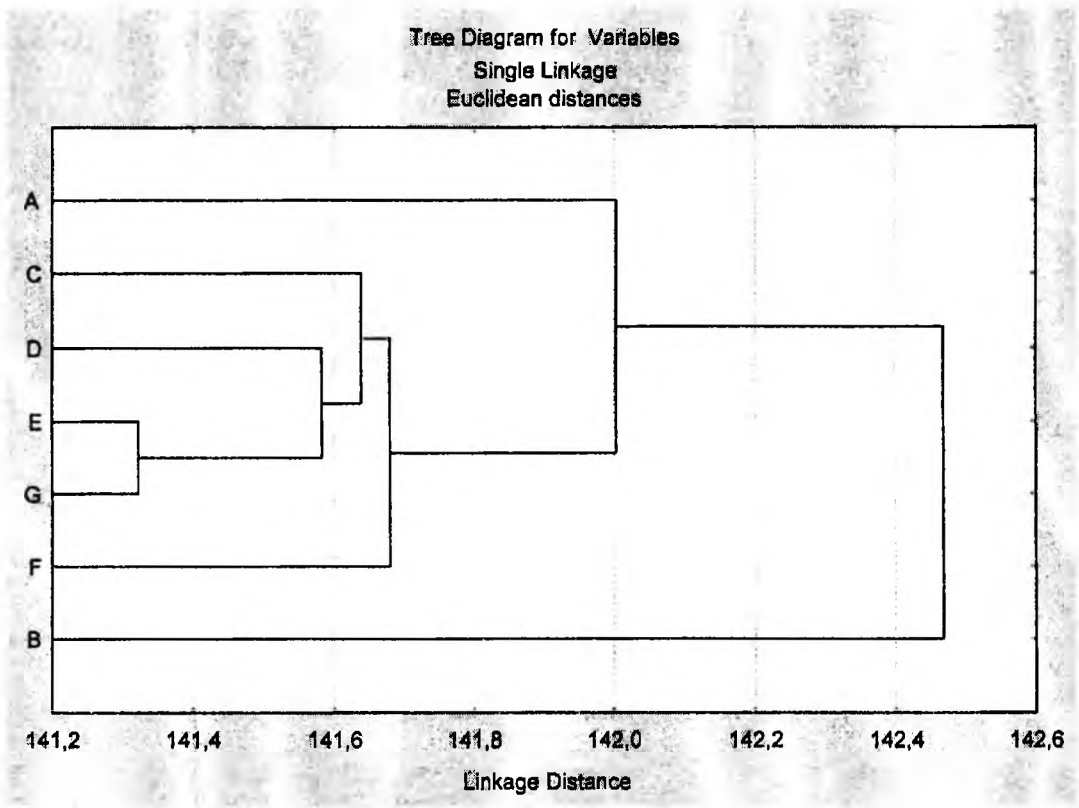


Рисунок 3. Дендрограма міжпопуляційних дистанцій досліджених популяцій *Trichius fasciatus* L. по відносній частоті зустрічі фенів забарвлення волосків на передньоспинці імаго. Позначення популяцій як на рис. 4.

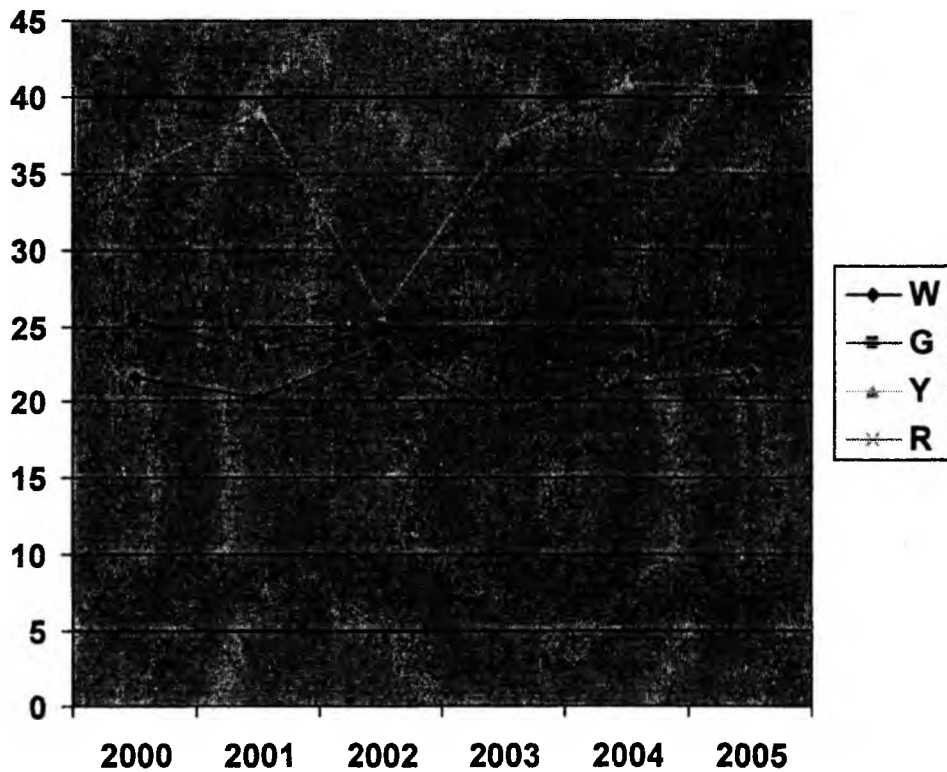


Рисунок 4. Зміни частоти зустрічі фенів по забарвленню волосків передньоспинки популяції долини р. Зубрівка виду *Trichius fasciatus* L. в період 2000-2005 рр.

## Висновки

1. Фени по забарвленню волосків передньоспинки імаго *Trichius fasciatus* L. можуть служити маркерами для вивчення поліморфізму популяцій та мікроеволюційних процесів.
2. По цих фенах більшість досліджених популяцій мають свою унікальну фенетичну структуру.
3. Є деяка кореляція між віддаленістю популяцій і їх між популяційними дистанціями по фенетичним структурам цих фенів, але загалом дендрограми географічної віддаленості і між популяційних дистанцій не співпадають.

## Література

1. Бей-Биенко Г.Я. (ред.) Определитель насекомых европейской части СССР в пяти томах. Т.2. Жесткокрылые. – М. – 1970. – 668 с.
2. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир. – 1971. – 408 с.
3. Молодцов С. М. Экология и внутривидовая изменчивость восковика обыкновенного (Scarabaeidae, Coleoptera) на примере Верх-Нейвинской популяции (Средний Урал) // Экология. – 1995. – № 5. – С.390 – 394.
4. Молодцов С. М. Особенности полового диморфизма у восковика обыкновенного *Trichius fasciatus* L. (Coleoptera, Scarabaeidae) // Энтомологическое обозрение. – 1998. – т. 77, № 2. – с. 280 – 288.
5. Новоженев Ю. И. Популяционная структура вида и массовые размножения животных // Журнал общей биологии. – 1966. – т.27, в.1. – с. 48 – 57.
6. Новоженев Ю. И. Роль пространственной и временной изоляции в дифференциации природных популяций // Труды Института экол. раст. И животных. – 1969. – в. 71. – с. 37 – 44.
7. Новоженев Ю. И. Популяция – элементарная хроматическая единица эволюции, ее изменчивость и границы: Дисс. на соиск. уч. Ст. доктора биол. наук. – Свердловск, 1972. – 405 с.
8. Новоженев Ю. И. Изучение популяционной структуры вида у насекомых с помощью полиморфизма // Иссле дование продуктивности вида в ареале. – Вильнюс. – 1975. – с. 87 – 105.
9. Новоженев Ю. И. Географическая изменчивость сбалансированного полиморфизма на примере восковика обыкновенного (*Trichius fasciatus* L.) // Журнал общей биологии. – 1977. – т.38, №5. – с. 709 – 723.
10. Новоженев Ю. И. Феногеография стабильного полиморфизма // Физиологическая и популяционная экология животных. – Саратов, 1978. – В. 5(7). – с. 45-49.
11. Новоженев Ю. И. Полиморфизм и видообразование // Журнал общей биологии. – 1978. – т.40, №1. – с. 17 – 34.
12. Новоженев Ю. И. Размеры природных популяций насекомых // фауна Урала и Европейского Севера. – 1981. – С. 83 – 102.
13. Новоженев Ю. И. Географическая изменчивость и популяционная структура вида // Фенетика популяций. – М.: Наука, 1982. – с. 78 – 90.
14. Новоженев Ю. И. Адаптивность мультивариационного полиморфизма // Тез. докл. IV все. общ-ва генетиков и селекционеров им. Н. И. Вавилова. – Кишинев: Штиинца, 1982. – с. 178-179.
15. Новоженев Ю. И. Полиморфизм и гомеостазис природных популяций // Экологические механизмы преобразования популяций животных при антропогенных воздействиях: Информ. материалы / Ин-т экологии растений и животных УНЦ АН СССР. – Свердловск. - 1987. - С.67 - 68.
16. Новоженев Ю. И. Полиморфизм и адаптивность популяции // Фауна и экология насекомых Урала: Сб. науч. тр. / УрГУ им. А.М.Горького. - Свердловск: Изд-во УрГУ. - 1987. - С.3 - 15.
17. Новоженев Ю. И. Полиморфизм и микроэволюция // Онтогенез, эволюция, биосфера. – М.: Наука, 1989. – С. 144-156.
18. Новоженев Ю. И. Хронографическая изменчивость популяций // Журнал общей биологии. – 1989. – Т. 50, в.2. – С. 171-183.
19. Новоженев Ю. И. Основные итоги изучения полиморфизма у насекомых // Успехи энтомологии на Урале / Ин-т экологии растений и животных УрО РАН; УрГУ. – Екатеринбург. - 1997. - С.148 - 152.
20. Новоженев Ю. И., Береговой В. Е., Хохуткин И. М. Обнаружение границ популяций у полиморфных видов по частоте встречаемости форм // Проблемы эволюции. – Новосибирск: Наука, 1973. - т. 3. – с. 252 – 260.
21. Новоженев Ю. И., Коробицын Н. М. Аберативная изменчивость в природных популяциях насекомых // Журнал общей биологии. – 1972. – т.32, №3. – с. 315 – 324.
22. Яблоков А. В. История, современное состояние и пути развития фенетических исследований // Физиологическая и популяционная экология животных. – Саратов: Изд-тво Саратовского университета. – 1978. – вып. 5(7). – С. 111 – 129.
23. Яблоков А. В. Морфология и микроэволюция // Журнал общей биологии. – 1970. – т.31, №1. – С. 3 – 13.
24. Яблоков А. В. Популяционная морфология животных // Зоологический журнал. – 1968. – т.47, в.12. – С. 1749 – 1765.

25. Яблоков А. В. Популяционная морфология как новое направление в популяционных и эволюционно-морфологических исследованиях // Журнал общей биологии. – 1976. – т.37, №5. – С. 134 – 145.
26. Яблоков А. В. Фенетика: эволюция, популяция, признак. – М.: Наука. – 1980. – 132 с.
27. Яблоков А. В. Фенетика. – М.: Наука. – 1980. – 136 с.
28. Яблоков А. В. (ред.) Фенетика популяций– М.: Наука, 1982. – 294 с.
29. Яблоков А. В. Состояние исследований и некоторые проблемы фенетики популяций // Фенетика популяций. – М.: Наука. – 1982. – С. 3 – 24.
30. Яблоков А. В. Популяционная морфология как новая ветвь эволюционной морфологии // Морфологические аспекты эволюции. – М.: Наука. – 1980. – С. 65 – 73.
31. Яблоков А. В. Популяционная биология. – М.: Высшая школа, 1987. – 303 с.
32. Яблоков А. В., Ларина Н. И. Введение в фенетику популяций. – М.: Высшая школа, 1985. – С. 236 – 249.

Стаття поступила до редакції 06.07.2008 р.; прийнята до друку 12.08.2008 р.

*Слободян О. М.* – аспірант кафедри біології та екології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

*Сіренко А. Г.* – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та екології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

**Рецензент:** доктор біологічних наук, професор, Парпан В. І – завідуючий кафедрою біології та екології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.