

УДК 595.799

А. В. Лопатин, М. Ю. Сыромятников

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЦВЕТОЧНОЙ ПЫЛЬЦЫ, СОБРАННОЙ
МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛОЙ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОТЕСТОВ
НА РАБОЧИХ ОСОБЯХ ЗЕМЛЯНОГО ШМЕЛЯ**

Воронежский государственный университет, г. Воронеж,
e-mail: lopatin@bio.vsu.ru; mihan.vrn@mail.ru

Ключевые слова: *Bombus terrestris*, *Apis mellifera*, *биотесты пыльцы*.

При искусственном разведении шмелей в качестве белкового корма используется паста, приготовленная из смеси замороженной обножки, собранной медоносной пчелой, и сахарного сиропа. В России и на Украине заготовка пыльцевой обножки осуществляется в мае-августе в период массового цветения растений-медоносов. Свойства пыльцевого сырья – основной фактор, влияющий на питательную ценность корма для шмелей. Обножка также используется как биологически активная добавка к пище человека. Контроль качества данного продукта – сложная задача, методика решения которой до настоящего времени недостаточно разработана.

Химический состав пыльцы сильно варьирует у разных видов растений [1, 6]. Кроме того, качество пчелиной обножки определяется рядом факторов: экологической обстановкой в местах сбора, условиями хранения и транспортировки. Следствием низкого содержания в корме питательных веществ, присутствия ядов и болезнетворных микроорганизмов могут быть нарушения в развитии расплода, заболевания и гибель взрослых особей шмелей.

В пыльцеуловителях обножка может загрязняться трупами взрослых пчел и их личинок, погибших от инфекционных болезней. Намокание пыльцы в дождливую погоду и несвоевременная заморозка способствуют размножению микроорганизмов. Несоблюдение температурного режима, многократное размораживание и замораживание, длительное хранение вызывают снижение питательных свойств пыльцы. Пыльца на цветках растений в большей или меньшей степени загрязнена микроорганизмами, в том числе патогенными штаммами, которые переносятся домашними пчелами и другими антофильными насекомыми.

Опасность для шмелей представляют пиретроиды, неоникотиноиды и др. инсектициды, а также некоторые фунгициды [4, 8]. Не исключена аккумуляция в пыльце тяжелых металлов, радиоактивных веществ и других опасных примесей. Выявление партий некачественной пыльцы – необходимое условие организации высоко рентабельного производства по выращиванию шмелей. При этом посев микроорганизмов на селективные питательные среды и инструментальные методы оценки содержания

различных веществ в пыльце требуют проведения многочисленных и достаточно дорогостоящих исследований.

Цель данной работы: разработка и практическое испытание методики оценки качества пыльцы, используемой при приготовлении белкового корма для шмелей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для оценки пригодности пыльцы в качестве компонента белкового корма для шмелей использовали комплекс методов: световую микроскопию, спектрофотометрию, флуориметрию и биотесты на рабочих особях земляного шмеля.

Искусственно сформированные колонии используются в научных целях и при промышленном разведении шмелей [2, 3]. Биологическое тестирование пыльцы на шмелях позволяет оценить широкий спектр свойств пыльцевой обножки. Тестирования пыльцы проводили на микроколониях, состоящих из 4 рабочих особей шмелей, размещенных в цилиндрических садках диаметром 14 см, высотой 7 см с решётчатым дном и крышкой. В качестве углеводного корма для них использовали 62% инвертированный сахарный сироп, белкового корма – пасту, приготовленную из тестируемой пробы пыльцы и сахарного сиропа. Для комплектования каждой искусственной колонии использовали рабочих особей, извлеченных из 2–4 крупных лабораторных колоний земляного шмеля (*Bombus terrestris* (L.)). 1–2 раза в неделю осуществляли кормление, промежуточную оценку состояния колоний и очистку садков. При однородных условиях данные по группе, состоящей из 7–10 садков, позволяют оценить качество пыльцы.

После создания искусственных микроколоний у изолированных от маток рабочих шмелей развиваются яичники, они начинают откладывать яйца и выращивать личинок. Рабочие не оплодотворены и способны откладывать только гаплоидные яйца, из которых развиваются самцы. После отрождения самцов подсчитывается число выживших рабочих особей, отродившихся самцов и преимагинальные фазы: ячейки с мелкими личинками и яйцами, крупные личинки и куколки. Эксперимент прекращается после отрождения самцов и отбраковки всех садков, в которых расплод не развивается. На основании данных о скорости развития и численности потомства выполняется анализ содержания питательных и токсичных веществ в корме.

Садки со шмелями размещали в лабораторном шкафу-инсектарии с автоматизированной системой поддержания микроклимата. Воздух внутри шкафа постоянно прокачивается через отделение воздухоподготовки, оснащенное фильтрующими элементами и бактерицидным облучателем [5]. Таким образом, поддерживаются благоприятные условия для развития расплода шмелей: температура 27–28,5°C, относительная влажность

воздуха 55–68 % [7]. В оптимальных условиях на 4–5 неделе эксперимента из куколок отрождаются самцы. Скорость развития расплода отражает динамику процессов, зависящих от качества белкового корма: скорости развития овариовзрослых особей, скорости развития личинок и куколок. Данный показатель позволяет оценить содержание в корме питательных веществ и токсинов. О содержании в корме болезнетворных микроорганизмов и токсинов также позволяет судить выживаемость рабочих особей, личинок и куколок.

Достоинства метода: комплексный анализ тестируемого субстрата на питательную ценность, токсичность, присутствие возбудителей болезней и относительная дешевизна. Недостатки: сложность идентификации фактора, влияющего на развитие шмелей и достаточно длительные сроки проведения биотеста (до 5–7 недель).

Также для оценки качества пыльцы использовали световую микроскопию и биохимические исследования. При помощи световой микроскопии оценивали присутствие посторонних включений и микроорганизмов, а также разнообразие флористического состава (по морфотипам пыльцы). Сортировка гранул пыльцевой обножки выполнялась под стереомикроскопом MC-2-ZOOM. Микроскопическое исследование пыльцы проводили с помощью микроскопа Микромед 3 (увеличение объективов $\times 10$, $\times 40$, $\times 100$). Фотографирование микропрепаратов выполнено видеоокуляром DCM-510 SCOPE. Влажность образцов пыльцы оценивали по изменению массы после сушки при температуре 60–100°C в течение 3,5–5 часов.

Флуорометрический анализ водно-спиртового раствора пыльцы (50% воды/50% спирт) был проведён на флуориметре Hitachi F-7000. Содержание нуклеиновых кислот определяли с помощью флуоресцентного красителя акридиновый оранжевый. Для облучения использовались 3 длины волны: 280 нм, 320 нм, 400 нм. Содержание фенольных соединений определяли с помощью реактива Фолина на спектрофотометре. Концентрацию белка – с помощью коммерческого набора Bio-Rad и бычьего сывороточного альбумина в качестве контрольного белка. Для этого брали 20 мкл раствора пыльцы (7,5 мг на мл) и растворяли в 1 мл приготовленного раствора. Затем мерили оптическую плотность при 600 нм.

Биологическое тестирование пыльцы на рабочих особях и преимагинальных фазах шмелей выполнено для 55 проб пыльцы, собранной в России (Воронежская, Смоленская, Майкопская области) и в Украине в 2011–2012 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влажность образцов сушеной пыльцы составила 3–3,6 %. Влажность большинства образцов замороженной пыльцы 10,5–22,2 % (мин. – 8,4 %,

макс. – 36.7 %, средняя – 15.8 %).

При тестировании пыльцы на искусственных микроколониях шмелей группы различали по скорости развития расплода.

1) Быстро развивающиеся группы (питались пыльцой высокого качества):

- самцы во всех садках отродились на 4–5 неделе;

- самцы в 80–90 % садков отродились на 5 неделе, на 6 неделе – во всех садках;

2) Группы со средней скоростью развития на 5 неделе самцы отродились менее чем в 80 % садков, к 6–7 неделе – во всех садках (питались пыльцой с пониженными питательными свойствами).

3) Группы с низкой скоростью развития (питались пыльцой низкого качества):

- на 6 неделе самцы отродились менее чем в 80 % садков, во всех садках – к 7 неделе;

- самцы в большинстве садков отродились к 8 неделе.

4) группы, в которых личинки гибли, не достигнув стадии куколки (питались пыльцой непригодной для питания шмелей).

В наиболее успешно развивающихся группах через 2–2.5 недели в большинстве садков появляются куколки, через 3 недели куколки появляются почти во всех садках; через 4 недели в большинстве садков отрождаются самцы, через 5 недель самцы отрождаются во всех садках. К завершению теста средняя численность выживших рабочих особей не менее 3.5 экз. Средняя численность отродившихся самцов не менее 6 экз., максимальная – 29 экз. В группах со средней скоростью развития расплода, в 30–40 % садков наблюдалась задержка развития колоний на 1 неделю. Повышенной смертности личинок и куколок в этих группах не отмечено.

Высокая и средняя скорость развития расплода наблюдалась в 47 из 55 групп. Низкая скорость развития расплода отмечена в группах № 7, 8, 10, 23, 48 (табл. 1). В группе № 23 в 57 % садков молодые особи отродились только на 6 неделе. Наиболее низкая скорость развития отмечена в группах, получавших пыльцу, собранную 2011 г. и хранившуюся более полутора лет. В группе № 8 в большинстве садков отмечена задержка развития расплода на 1–2 недели.

Высокая скорость развития расплода отмечена для нескольких проб с высоким содержанием микроорганизмов. Например, при питании пастой из пыльцы №4, которая, вероятно, намокла при сборе (влажность 36,7 %) и хранилась в тепле, к 4 неделе почти во всех садках появились куколки, а к 5 – взрослые самцы. Смертность взрослых шмелей при питании данной пыльцой была относительно низкой.

Таблица 1. Скорость развития расплода и выживаемость рабочих особей в группах колоний шмелей, питавшихся пыльцой различного качества

№	Регион сбора пыльцы	Неделя отрождения самцов		Ср. число выживших рабочих
		в 80–90 % садков	во всех садках	
1	Майкоп	5	6	2,5
2	Украина	6	6	3,3
3	Смоленск	4	5	3,9
4	Воронеж	5	6	3,8
5	Воронеж	4	5	3,5
6	Воронеж*	6	6	2,8
7	Воронеж*	6	7	3,3
8	Украина	6	7	3,6
9	Украина	погибли		3,8
10	Украина	6	7	3,3
11	Украина	погибли		3,7
12	Воронеж	5	7	2,9
13	Воронеж	4	5	3,5
14	Воронеж	4	4	3,8
15	Воронеж	5	6	3,7
16	Воронеж	5	5	3,7
17	Воронеж	6	6	4
18	Воронеж	5	5	4
19	Воронеж	5	6	3,6
20	Воронеж	5	5	3,5
21	Украина	5	5	3,6
22	Украина	4	4	3,8
23	Смоленск	6	6	3,7
24	Украина	4	5	3,8
25	Украина	4	5	3,8
26	Украина	6	6	3,9
27	Украина	5	6	3,9
28	Украина	5	6	4
29	Украина	5	6	4
30	Украина	5	6	3,7
31	Украина	4	5	4
32	Украина	5	5	4
33	Украина	5	5	3,9
34	Украина	6	6	3,9
35	Майкоп	5	5	3,9
36	Майкоп	5	5	3,7
37	Майкоп	5	5	4
38	Майкоп	5	5	4
39	Майкоп	4	5	3,9
40	Смоленск	погибли		3,6
41	Смоленск	5	6	3,9
42	Смоленск	5	5	4
43	Украина	5	5	3,7
44	Украина	5	5	4
45	Украина	5	5	4
46	Украина	6	6	3,9
47	Майкоп	5	5	3,4
48	Воронеж*	7	8	3,7
49	Воронеж*	5	5	4

№	Регион сбора пыльцы	Неделя отрождения самцов		Ср. число выживших рабочих
		в 80–90 % садков	во всех садках	
50	Воронеж*	5	6	3,7
51	Воронеж*	5	7	2,7
52	Воронеж*	5	5	3,4
53	Смоленск	5	6	3,6
54	Майкоп	6	7	3,9
55	Майкоп	5	7	3,9

Воронеж* – сушеная пыльца

В группах, питавшихся пыльцой, не пригодной для кормления шмелей, личинки гибли, не достигнув стадии куколки. Со второй недели в группе № 11 остановилось развитие личинок. Они достигали только мелкого и среднего размера, а к 4 неделе, когда в успешно развивающихся колониях началось отрождение молодых самцов, в данной группе наблюдалась массовая гибель личинок. К 5 неделе в группе № 11 погибло подавляющее большинство средних и все крупные личинки. По смертности взрослых рабочих особей данная группа не превосходила группы, питавшиеся качественной пыльцой.

В группе № 9 задержка развития расплода в большинстве садков составила 2–3 недели. В 1/3 садков к 8 неделе молодые особи не отродились. В данной группе отмечена очень высокая (до 27 экз. в неделю) смертность личинок и куколок. В итоге численность отродившихся самцов была крайне низкой (в 6 раз ниже, чем у успешно развивающихся групп). Вероятно, данная пыльца содержит возбудителей, опасных для шмелей инфекционных болезней или токсины.

Группа № 10, питавшаяся кормом, приготовленным из 25% пыльцы № 9 и 75% пыльцы № 21, по всем основным параметрам (скорости развития и численности расплода) значительно уступала контролю. Таким образом, даже относительно небольшая примесь некачественной пыльцы вызывает заметное ухудшение развития шмелей.

В группе № 40 наблюдалась наибольшая смертность куколок, к 7 неделе самцы не отродились ни в одном садке. Вероятно, данная пыльца бедна необходимыми для развития личинок питательными веществами. Задержка развития расплода во всех садках составила не менее 3 недель. Группа № 53, питавшаяся кормом из 25% пыльцы № 40 и 75% пыльцы № 21, мало уступала контролю.

Содержание фенольных соединений в пыльце незначительно и носит следовой характер. Различий между образцами пыльцы в содержании фенольных соединений и белка не обнаружено. Флуорометрический анализ водно-спиртового раствора пыльцы также не позволил идентифицировать факторы, негативно влияющие на развитие шмелей.

Пчелиная обножка, состоящая из пыльцы различных видов растений-медоносов, независимо от точки сбора, сходна по аминокислотному составу, и в ней присутствуют все необходимые аминокислоты. В наибольшей степени варьирует содержание глицина, глутаминовой кислоты и пролина [9]. Содержание белка определено в 3 пробах

качественной обножки (№ 18, 20, 24) и 2 пробах некачественной (№ 9, 11) (табл. 2). Образцы пыльцы низкого качества характеризовались сниженной концентрацией белка. Однако, данные различия невелики.

Таблица 2. Содержание белка в пробах пчелиной обножки

Номер пробы	Массовая доля белка
9	0,37
11	0,4
18	0,46
20	0,44
24	0,45

Микроскопия пыльцы выполнена для проб пыльцы различного качества. Трупов взрослых медоносных пчел и личинок, а также гифов грибов и значительного количества проросших пыльцевых зёрен ни в одной из проб не обнаружено.

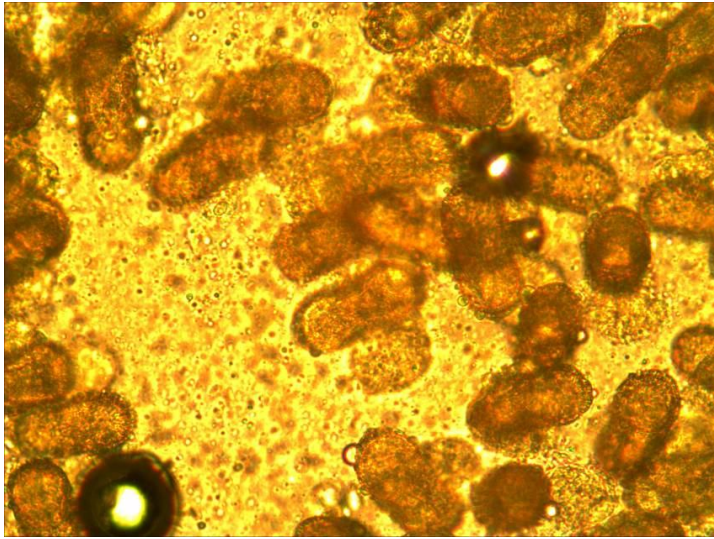
При анализе проб некачественной пыльцы выявлен ряд отличий от пыльцы, пригодной для кормления шмелей. Как правило, данные партии пыльцы (например, № 9, 40) отличаются высокой долей обножки одного цвета, содержащей пыльцу, принадлежащую к одному морфотипу. В пробе № 11 пыльцы одного морфотипа более 70%. В пробах высокого качества пыльцы одного морфотипа обнаружено не более 50%.

Большинство проб некачественной пыльцы характеризуются высокой обсемененностью микроорганизмами (№ 9, 40). Но в пробе № 11, при питании которой гибли все личинки, не обнаружено повышенного содержания микроорганизмов и проросших пыльцевых зерен. Поэтому маловероятно, чтобы пыльца испортилась в результате хранения в тепле. Одна из проб № 9 содержала около 10% распавшихся гранул обножки, и именно эта фракция отличалась обилием микроорганизмов. Пробы с пониженной питательной ценностью также отличались от высококачественной пыльцы высокой или средней степенью обсемененности микроорганизмами.

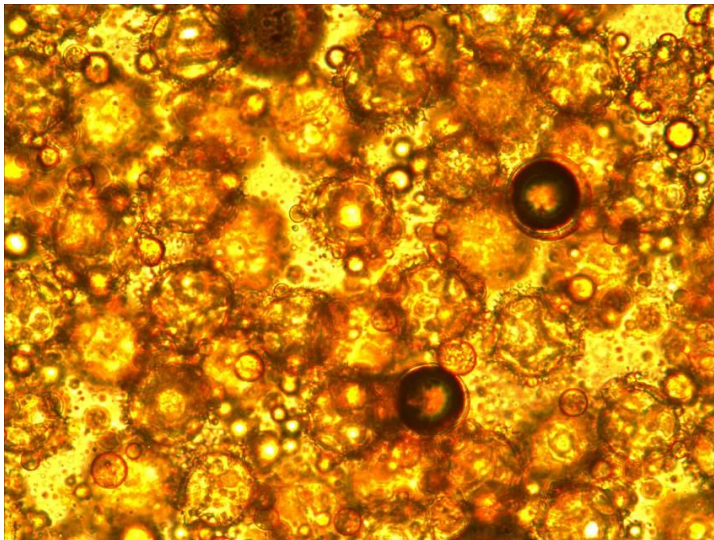
Большинство проб высококачественной пыльцы характеризуются следующими качествами: относительно высоким разнообразием морфотипов пыльцы и низкой обсемененностью микроорганизмами (за исключением № 29). Однако при питании кормом из пробы пыльцы, имевшей максимальную влажность и обсемененность микроорганизмами, наблюдалось быстрое развитие расплода и относительно невысокая смертность шмелей.

При микроскопии не выявлено очевидных признаков порчи пыльцы № 11. Повышенной смертности взрослых шмелей при питании данной пыльцой не отмечено. Поэтому маловероятно присутствие в ней пиретроидов, неоникотиноидов, фосфор- хлорорганических, а также других токсинов подобного действия. Присутствие возбудителей опасных инфекционных болезней взрослых особей и личинок также маловероятно, т. к. не отмечено заражение шмелей из экспериментальных групп,

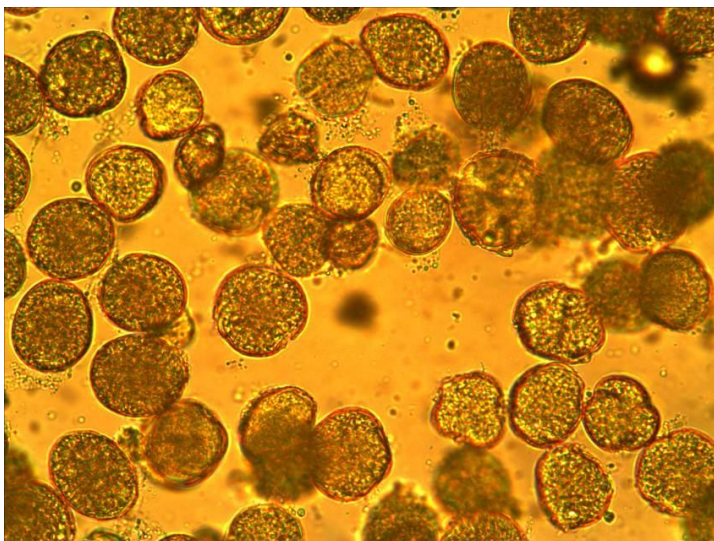
контактировавших с группой, питавшейся пылью № 11. Возможно, в образце присутствуют вещества, влияющие на метаморфоз личинок.



Высокий уровень
бактериального
загрязнения. Проба № 1.



Средний уровень
бактериального загрязнения.
Проба № 11.



Низкий уровень
бактериального загрязнения.
Проба № 22.

Рис. 1. Пыльца с различным уровнем бактериального загрязнения (увеличение × 40 крат).

При проведении биотестов на искусственных микроколониях шмелей необходимо учитывать комплекс факторов, описывающих их состояние, т. к. отдельные признаки не выявляют всех параметров, определяющих качество корма.

ВЫВОДЫ

1. 85,5 % образцов пыльцы, собранной в различных регионах России и Украины, обладают высокими питательными свойствами. При кормлении данной пыльцой отмечена высокая или средняя скорость развития расплода шмелей. 5 образцов обножки имели пониженные питательные свойства.

2. Выявлено 3 образца некачественной обножки (№ 9, 11 и 40), непригодной для питания шмелей. В группах, питавшихся этой пыльцой, отмечена высокая смертность личинок и куколок. В 30–100 % садков к 8 неделе молодые особи не отродились. Вероятно, данная пыльца содержит патогенные для шмелей микроорганизмы или токсины, либо бедна необходимыми для развития личинок шмелей питательными веществами. Даже небольшая (25 %) примесь некачественной пыльцы вызывает заметное ухудшение развития личинок шмелей.

3. Из 7 групп искусственных колоний шмелей, питавшихся образцами сухой пыльцы, в 2 наблюдалась низкая скорость развития личинок. Остальные образцы были пригодны для кормления шмелей.

4. При микроскопии проб некачественной пыльцы не выявлено признаков, надежно отличающих ее от пыльцы высокого качества. Также не было обнаружено значительных отличий между пробами пыльцы в содержании нуклеиновых кислот, фенольных соединений и белка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников М.П. Биохимический состав и кремний растительной пыльцы и пчелиной перги // Успехи современной биологии. – 2000. – Т. 120, вып. 3. – С. 374–382.
2. Лопатин А.В. Лабораторное содержание и разведение примитивно-эусоциальных пчел (Hymenoptera, Halictidae, Apidae) для биологических исследований и опыления сельскохозяйственных культур // Состояние и проблемы экосистем среднерусской лесостепи. – Тр. биол. учеб.-науч. центра ВГУ “Веневитиново”; Вып. XXI. – Воронеж, 2008. – С. 99–105.
3. Лопатин А.В. Формирование искусственных колоний шмеля *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera, Apidae) из матки и куколок, либо матки и взрослых рабочих особей // Состояние и проблемы экосистем среднерусской лесостепи. – Тр. биол. учеб.-науч. центра ВГУ “Веневитиново”; вып. XXIV. – Воронеж, 2010. – С. 81–89.
4. Лопатин А.В., Солдатова Н.В., Сыромятников М.Ю., Пономарев В.А. Воздействие пестицидов на шмелей в условиях защищенного грунта. – Воронеж: Роза ветров, 2012. – 52 с.
5. Лопатин А.В., Сыромятников М.Ю., Востриков Д.В., Герасимов Д.М., Попов В.Н. Шкаф-инсектарий для выращивания шмелей и объектов биологической защиты

- растений от вредителей // Патент на полезную модель. – Входящий № 031385. Регистрационный № 2013121285. – Дата подачи заявки 13.05.2013.
6. Наумкин Е.П. Аминокислотный состав пыльцы // Пчеловодство. – 1984. – Вып. 10. – С. 23–24.
 7. Пономарев В.А. Экология шмелей рода *Bombus* (Latr.) и использование шмелей для опыления сельскохозяйственных культур закрытого грунта // Под редакцией Ю.Ф.Петрова. – Иваново, 2004. – 143 с.
 8. Сыромятников М.Ю., Попов В.Н., Горбачева Т.М., Лопатин А.В., Солдатова Н.В., Бабкина О.В. Влияние пестицидов на дыхание митохондрий летательных мышц земляного шмеля // Пчеловодство. – 2012. – № 6. – С. 60–61.
 9. Сыромятников М.Ю., Фоменко О.Ю., Лопатин А.В., Горбачева Т.М., Попов В.Н. Исследование аминокислотного состава кормовой пыльцы для шмелей с использованием сверхпроизводительной жидкостной хроматографии (СВЭЖХ) // Сорбционные и хроматографические процессы: науч. журн. – Т. 12, вып. 4. – Воронеж, 2012. – С. 592–597.

А.В. Лопатин, М.Ю. Сыромятников
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЦВЕТОЧНОЙ ПЫЛЬЦЫ, СОБРАННОЙ
МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛОЙ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОТЕСТОВ
НА РАБОЧИХ ОСОБЯХ ЗЕМЛЯНОГО ШМЕЛЯ

Ключевые слова: Bombus terrestris, Apis mellifera, биотесты пыльцы

Обножку, собранную медоносной пчелой в различных регионах России и Украины, тестировали на искусственных микроколониях, состоящих из рабочих шмелей, извлеченных из разных семей. Установлено, что около 15% образцов обладает пониженной питательной ценностью или непригодно для кормления шмелей.

A.V. Lopatin, M. Yu. Syromyatnikov
EVALUATION OF THE QUALITY OF POLLEN COLLECTED BY
HONEY BEES USING BIOTESTS ON WORKERS OF BUMBLEBEE
BOMBUS TERRESTRIS

Keywords: Bombus terrestris, Apis mellifera, pollen biotests

The pollen collected by honey bees in different regions of Russia and Ukraine was tested in artificial microcolonies consisting of bumblebee workers from different colonies. The findings show that about 15% of the samples have low nutritional value or are not suitable for bumblebee feeding.

УДК 591.148:574.52(262.5)

Е. Б. Мельникова, Н. В. Лямина

СТРУКТУРИЗАЦИЯ ВНУТРИГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОЛЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В РЕГИОНАЛЬНЫХ ВОДАХ СЕВАСТОПОЛЯ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского, НАН Украины,
г. Севастополь, e-mail: Helena_melnikova@mail.ru

Ключевые слова: поле биолюминесценции, внутригодовая изменчивость, вертикальная структура, Черное море.

В исследованиях состояния морской среды в прибрежных водах Черного моря особое место занимает изучение изменения интенсивности поля биолюминесценции, являющееся важным элементом функционирования планктонного сообщества. Известно, что интенсивность поля биолюминесценции позволяет выявить пространственную структурированность планктонного сообщества, и является важным показателем экологического состояния экосистемы [15, 16, 17].

Исследование пространственного распределения интенсивности поля биолюминесценции, создаваемое планктонными биолюминесцентами в Черном море, проводили многие исследователи [2, 15, 16, 17]. Известны работы, посвященные выяснению связи характеристик интенсивности поля биолюминесценции в Черном море с видовым разнообразием и распределением планктонных сообществ, с гидрофизическими характеристиками среды обитания, сезонными изменениями интенсивности поля биолюминесценции [1, 2]. Однако исследования региональных особенностей сезонной динамики вертикальной структуры поля биолюминесценции, структуризации процессов биолюминесценции, протекающих в поверхностном и придонном слоях в прибрежных водах Черного моря не проводилось.

Применение методов многомерного статистического анализа для исследования количественных закономерностей внутригодовой изменчивости интенсивности поля биолюминесценции дает возможность структурировать информацию, полученную на основе многочисленных экспериментальных исследований, обнаружить внутренние связи между процессами, протекающими в наблюдаемых совокупностях и выявить общие закономерности развития гидробионтных сообществ [3, 8, 10]. Целью нашей работы является исследование общих закономерностей сезонной вариабельности вертикальной структуры интенсивности поля биолюминесценции в прибрежных водах Черного моря и структуризация методами многомерной статистики сезонных процессов изменения

интенсивности поля биолюминесценции в поверхностных и глубинных слоях региона.

Материалы и методы исследования. Исследования вертикальной структуры сезонной изменчивости интенсивности поля биолюминесценции проводили в поверхностном и придонном слоях открытой акватории моря на траверсе б. Круглая (ст. № 1), а также в акватории Севастопольской бухты в районе б. Константиновская (ст. № 2) и б. Голландия (ст. № 3) (рис. 1). Для анализа сезонной изменчивости вертикальных профилей интенсивности поля биолюминесценции были использованы данные 2009–2010 годов.

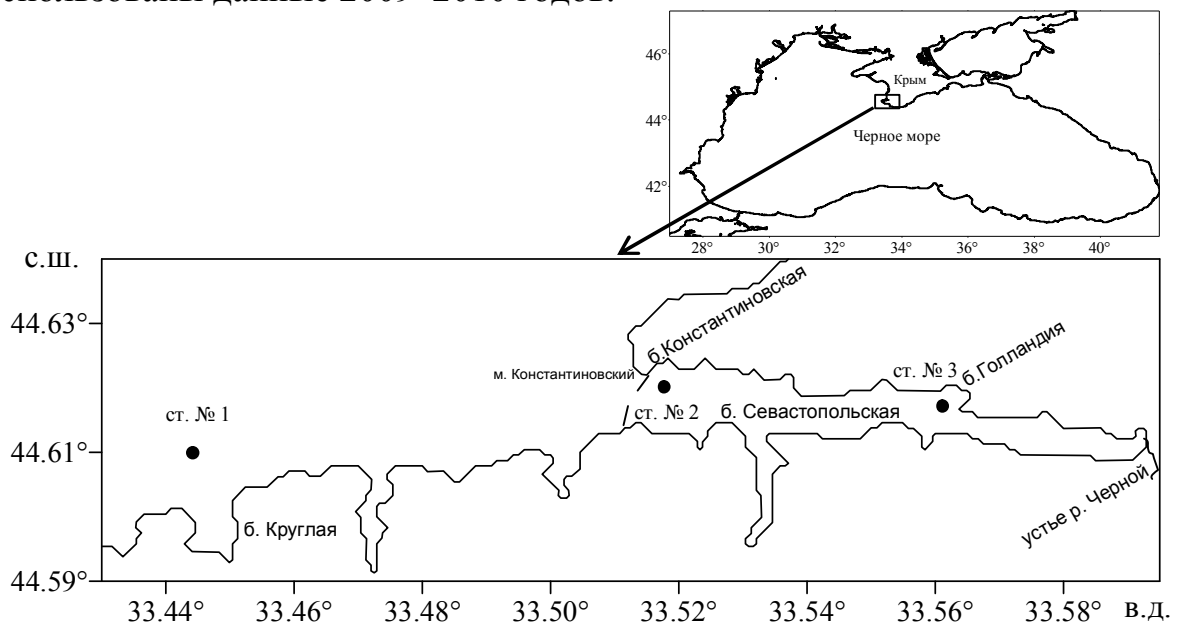


Рис. 1. Схема района исследования.

Акватория на траверсе б. Круглая (ст. 1) относительно глубоководная ($h \geq 60$ м), имеющая водообмен с открытой частью моря, характеризуется достаточно устойчивой стратификацией водной толщи, определяющей вертикальную структуру температуры и солёности. Севастопольская бухта относится к водоёмам эстуарного типа и имеет ограниченный водообмен с открытым морем. Кроме того, Севастопольская бухта включает устьевое взморье реки Чёрной, которая является стоком пресных вод в бухту, в результате чего происходит смешение речных и морских вод [11, 12, 13]. В зависимости от величины стока реки воздействие пресных вод распространяется на акваторию бухты в различной степени, что существенно влияет на экологические условия региона.

Константиновская бухта (ст. № 2), глубина которой не превышает 19 м, относится к относительно чистым районам Севастопольской бухты [12, 13], в отличие от бухты Голландия (ст. № 3), которая находится в

центральной части Севастопольской бухты и имеет глубину 18 м. На состояние последней оказывает существенное влияние тот факт, что это зона активного смешивания речных и морских вод [6, 9, 11] (рис. 1).

Поле биолюминесценции исследовали методом батифотометрического зондирования, используя гидробиофизический комплекс «Сальпа-М» [4]. С его помощью кроме интенсивности биолюминесценции измеряли также температуру и солёность на глубине измерения.

При проведении структуризации сезонных изменений интенсивности поля биолюминесценции использовали агломеративно-иерархический метод группировки кластерного анализа. Этот метод предполагает последовательное объединение групп в кластеры по степени их близости друг к другу. В этом случае кластерное решение представляет собой иерархическую структуру вложенных друг в друга кластеров [3, 8, 10].

В качестве меры сходства групп биолюминесцентных использовали манхэттенское расстояние, определяемое по формуле [8, 10]:

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|, \quad (1)$$

где d_{ij} – расстояние между i -ой и j -ой группами; x_{ik} – численное значение k -ой переменной для i -той группы; x_{jk} – численное значение k -ой переменной для j -ой группы.

При проведении кластеризации использовали метод Варда (Ward) [3, 8, 10, 18]. Этот метод позволил вначале каждую группу представить в виде отдельного кластера. Затем находится минимальное расстояние между парами кластеров, которые объединяются в единый кластер, после чего процесс объединения кластеров повторяется. Метод Варда для оценки расстояний между кластерами использует методы дисперсионного анализа. В качестве расстояния $dis(Y, X)$ между кластерами X и Y берется прирост суммы квадратов расстояний объектов до центров кластеров, получаемый в результате их объединения [10, 18]:

$$dis(X, Y) = \frac{n_x n_y}{n_x + n_y} (\bar{X} + \bar{Y})^T (\bar{X} + \bar{Y}), \quad (2)$$

где \bar{X}, \bar{Y} – радиус-векторы центров кластеров; n_x, n_y – число элементов в кластерах. Верхний индекс T означает транспонирование.

Метод Варда минимизирует сумму квадратов для любых двух (гипотетических) кластеров, которые могут быть сформированы. На каждом шаге объединяются такие два кластера, которые приводят к минимальному увеличению внутригрупповой суммы квадратов расстояний. Этот метод направлен на объединение близко расположенных

кластеров и имеет тенденцию к нахождению (или созданию) кластеров приблизительно равных размеров. Метод является достаточно эффективным для относительно небольших совокупностей данных [8, 10, 18] и поэтому применим для структуризации внутригодовой изменчивости интенсивности поля биолюминесценции.

Математическая обработка результатов проводилась на персональном компьютере с использованием программ *Microsoft Excel 7.0*, *SPSS*, *Statistica 6.0*.

Результаты и обсуждение. При анализе вертикальных профилей интенсивности поля биолюминесценции открытой и закрытой акватории моря выяснилось, что имеется две области повышенной интенсивности поля биолюминесценции, сезонные процессы в которых протекают по разным законам. Для более подробного изучения сезонной динамики интенсивности поля биолюминесценции всю толщу воды условно разбили на две части, в которых расположены локальные максимумы интенсивности поля биолюминесценции: поверхностный слой (0–5 м) и глубинный или придонный слой. Глубинный слой на траверсе б. Круглая расположен на глубине 30–50 м, а придонный слой в Севастопольской бухте (ст. № 2, № 3) – на глубине 10–17 м. Интенсивность поля биолюминесценции в этих слоях усреднялась, и нормировалась на максимальное годовое значение в данном слое. Полученные результаты сезонной динамики интенсивности поля биолюминесценции для поверхностного и глубинного (придонного) слоев изображены на рис. 2 и 3, соответственно.

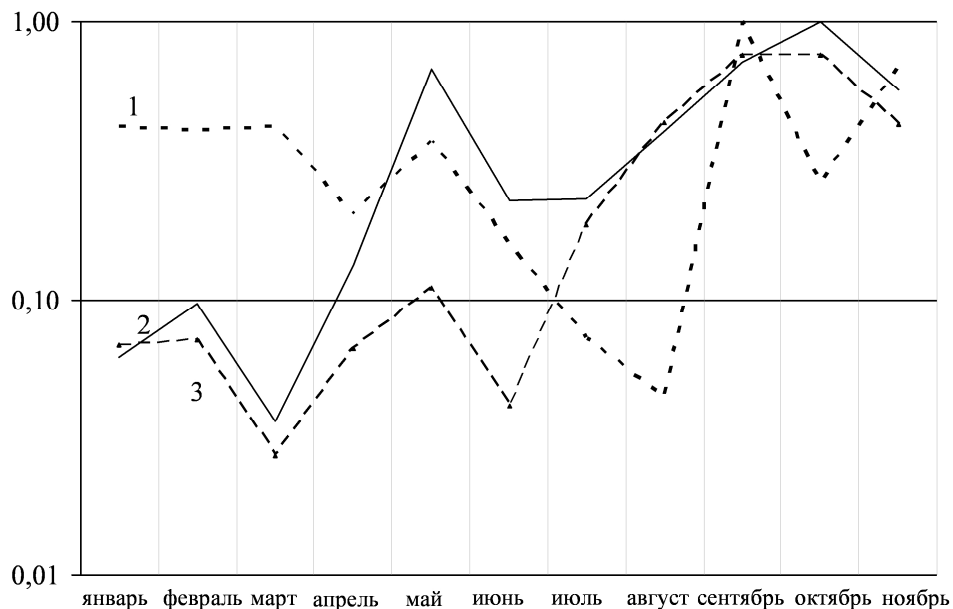


Рис. 2. Сезонные изменения интенсивности поля биолюминесценции в поверхностном слое: 1 – на ст. № 1; 2 – на ст. № 2; 3 – на ст. № 3.

Сравнивая данные по интенсивности поля биолюминесценции, полученные в поверхностном слое открытой акватории Черного моря (ст. № 1) с результатами исследований в поверхностном слое Севастопольской бухты на ст. № 2 и ст. № 3, можно отметить, что в целом в поверхностных слоях исследованного региона сохраняются общие черты годовой динамики интенсивности поля биолюминесценции (рис. 3).

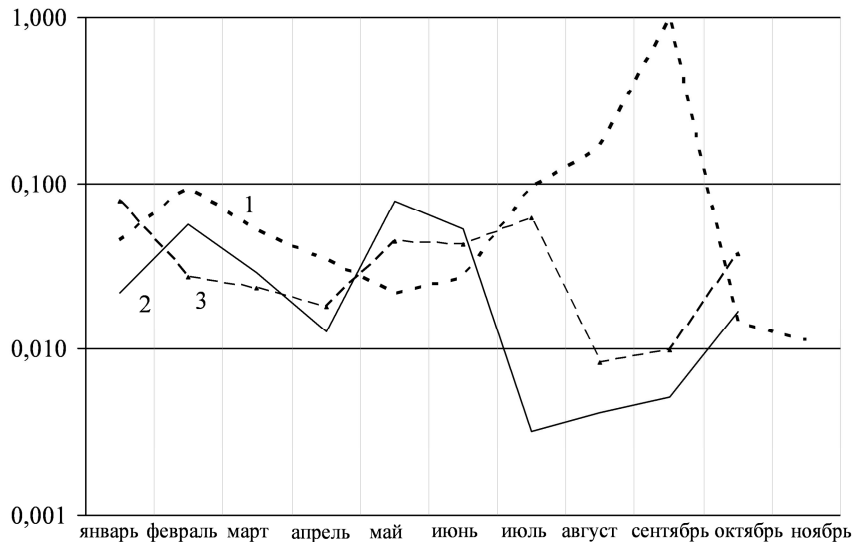


Рис. 3. Сезонные изменения интенсивности поля биолюминесценции в придонном (глубинном) слое: 1 – на ст. № 1; 2 – на ст. № 2; 3 – на ст. № 3.

В открытой акватории моря (ст. № 1) в холодное время года (январь, февраль, март) несмотря на активную вертикальную конвекцию, максимумы концентрации биолюминесцентных в темное время суток находятся в верхнем 10-ти метровом слое. Увеличение интенсивности поля биолюминесценции в исследованных водах в начале года (январь–март) было обусловлено, по всей вероятности, улучшением снабжения биогенными элементами поверхностных вод и значительному повышению содержания в воде усвояемого органического вещества. В поверхностном слое в соответствии с жизненным циклом происходит более интенсивное питание и размножение гидробионтов [1, 7, 11, 14, 16, 17].

Температура по всей толще воды в холодный период на траверсе б. Круглая на 0,9⁰С и солёность на 0,22 ‰ оказались выше, чем в Севастопольской бухте. В мелководной Севастопольской бухте на ст. № 2 (б. Константиновская) и ст. № 3 (б. Голландия) в холодный период прослеживалась та же картина – однородное распределение температуры и солёности в верхнем и придонном слоях. Из-за слабого зимнего конвективного перемешивания вод в Севастопольской бухте слои, обогащенные биогенными элементами, являющимися питательной средой для фитопланктона располагаются в придонном слое [7, 11, 12, 14]. Именно поэтому, максимальная интенсивность поля биолюминесценции (в

отличие от акватории б. Круглая) в Севастопольской бухте наблюдалась в придонном слое. Однако интенсивность поля биолюминесценции на траверсе б. Круглая в поверхностном слое в среднем в 6 раз выше, чем в Севастопольской бухте.

В весенний период (апрель, май) в открытой части моря начинается перестройка вертикальной термической структуры, прекращается охлаждение поверхностных вод и конвективное перемешивание. В этот период начинается образование температурного и плотностного расслоения [7, 12, 15].

Количество светящихся видов планктона в верхнем слое повысилось за счет эпипланктонных форм [15] за счёт чего увеличилась интенсивность свечения, которая возросла до значения, равного 0,37 от максимальной сезонной величины (рис. 2). С увеличением глубины происходит понижение численности светящегося планктона и на глубине 30–40 м интенсивность свечения уменьшилась в весенний период в 3 раза по сравнению с февральскими значениями (рис. 3).

В Севастопольской бухте на станциях № 2 и № 3, в весенний период прогрев по всей толще воды проходит интенсивнее. Средняя температура в Севастопольской бухте на 2,2⁰С выше, чем в открытой части моря. Солёность в среднем на 0,3 ‰ меньше, чем на ст. № 1. При нарастании поступления пресных вод, в весенний период происходит ускоренное распреснение бухты. При этом средняя солёность в бухте уменьшается [9, 11, 13].

Интенсивность поля биолюминесценции в поверхностном слое на ст. № 2 (б. Константиновская) увеличивается, достигая к концу мая значения близкого к максимальному сезонному (рис. 2). В поверхностном слое на ст. № 3 (б. Голландия) интенсивность в мае возрастает не так значительно, как на ст. № 2, достигая лишь уровня 0,1 от сезонного максимума. За счёт незначительной глубины и относительно чистой акватории [7, 9] интенсивность поля биолюминесценции в верхнем слое б. Константиновская в 1.6 раз выше, чем в открытой части моря и в 4,6 раза выше, чем в б. Голландия. В придонном слое акватории на траверсе б. Круглая интенсивность поля биолюминесценции к маю уменьшается, а в Севастопольской бухте – увеличивается.

В акватории на траверсе б. Круглая постепенный прогрев водной толщи при переходе к летнему периоду вследствие возникающей температурной стратификации вод затрудняет процессы вертикального обмена и вынос к поверхности биогенных веществ. Светящиеся организмы уходят в ниже лежащие области с оптимальной для них температурой, расположенной в зоне температурного скачка (для большинства светящихся видов оптимальная температура близка к 14,0–22,0⁰С) [1, 5, 14, 15].

В наиболее жаркие месяцы лета (июль-август) в вертикальной структуре наблюдался два пика интенсивности поля биолюминесценции, один из которых расположен ниже, причем его значение в 4–6 раз больше, чем в поверхностном слое, а другой – в слое температурного скачка.

В Севастопольской бухте с июня по август интенсивный прогрев всей толщи воды привел к тому, что слой температурного скачка отсутствовал. Интенсивности поля биолюминесценции в поверхностном слое на ст. № 2 и на ст. № 3 были в 2–3 раза выше, чем на траверсе б. Круглая. В придонном слое интенсивности поля биолюминесценции на ст. № 2 и ст. № 3 были незначительными, в то время как на траверсе б. Круглая она увеличилась к августу в 6 раз.

В начале осени (сентябрь) на траверсе б. Круглая еще сохраняется теплая устойчивая погода со слабыми ветрами и небольшим волнением. Характер вертикального изменения интенсивности поля биолюминесценции практически такой же, как и в летние месяцы. Максимальное значение интенсивности поля биолюминесценции наблюдалось в сентябре в слое максимального градиента температуры на глубине 32 м.

Для позднего осеннего периода характерно постепенное охлаждение поверхностных вод, что приводит к возникновению конвективного перемешивания вследствие этого температурный скачок несколько размыт и планктонные сообщества начинают смешиваться. К ноябрю устанавливается слабая неустойчивая вертикальная температурная стратификация, которая легко разрушается ветро-волновым перемешиванием, и сменяется гомотермией [9, 12]. В глубоководном слое уровень интенсивности поля биолюминесценции в эти месяцы был в среднем в 5–6 раз меньше по сравнению с поверхностным 5-ти метровым слоем.

На станциях № 2 и № 3 в октябре–ноябре наблюдалось уже практически однородное распределение температуры по вертикали с постепенным её снижением к ноябрю. Наибольшие значения интенсивности поля биолюминесценции регистрировались в этот период в поверхностном слое. Максимальная интенсивность поля биолюминесценции наблюдалась в октябре, а к ноябрю интенсивность поля биолюминесценции уменьшилась почти в 1,5 раза (рис. 2).

Если общие черты сезонных изменений интенсивности поля биолюминесценции в поверхностном слое в Севастопольской бухте мало отличались от интенсивности поля биолюминесценции открытого моря на траверсе б. Круглая, то сезонные изменения интенсивности поля биолюминесценции в глубоководном слое открытой части моря существенно отличается от сезонных процессов в придонном слое закрытой акватории (Севастопольская бухта).

Общий ход сезонных изменений интенсивности поля биолюминесценции в придонном слое Севастопольской бухты на ст. № 2 и № 3 показан на рис. 3. Сезонная динамика характеризуется невысоким уровнем интенсивности поля биолюминесценции, максимальное значение отмечено в мае в б. Константиновская (ст. № 2), это в 4,5 раза меньше, чем интенсивность поля биолюминесценции в этой бухте в поверхностном слое. Средние сезонные данные отражают незначительные увеличения интенсивности поля биолюминесценции зимой (февраль), весенний максимум в мае и небольшое осеннее увеличение интенсивности, приходящееся на октябрь месяц. Уже к ноябрю отмечается значительный спад интенсивности поля биолюминесценции.

В открытой акватории на траверсе б. Круглая в глубоководном слое в течение года был зарегистрирован один максимум интенсивности поля биолюминесценции в сентябре месяце. Этот максимум в 3 раза выше, чем интенсивность поля биолюминесценции в этот же месяц в поверхностном слое, и является абсолютным максимумом интенсивности поля биолюминесценции в исследуемый период.

При проведении кластерной структуризации сезонной изменчивости интенсивности поля биолюминесценции на первом этапе на основе проведенного выше анализа было выделено шесть отдельных монокластеров (групп).

В открытой части моря (ст. № 1) выделено две группы сезонных изменений интенсивности поля биолюминесценции: в поверхностном и глубинном слоях. В закрытой акватории моря (в б. Севастопольская) было выделено четыре группы сезонных изменений интенсивности поля биолюминесценции наблюдаемых в поверхностном и придонном слоях соответственно на станциях № 2 (б. Константиновская) и № 3 (б. Голландия).

На втором этапе кластеризации сравнивались сезонные изменения интенсивности поля биолюминесценции в выделенных слоях и по формуле (1) рассчитывались матрицы расстояний между группами, после чего исходные группы (кластеры) группировались агломеративно-иерархическим методом с использованием соотношения (2).

На рис. 4 изображена полученная дендрограмма кластеризации сезонных изменений процессов интенсивности поля биолюминесценции и указаны межкластерные расстояния.

На дендрограмме хорошо виден процесс агломерации (слияние отдельных групп в единый окончательный кластер). Для каждого узла в дендограмме (там, где формируется новый кластер) можно видеть величину расстояния, для которого соответствующие группы связываются в новый объединяющий кластер.

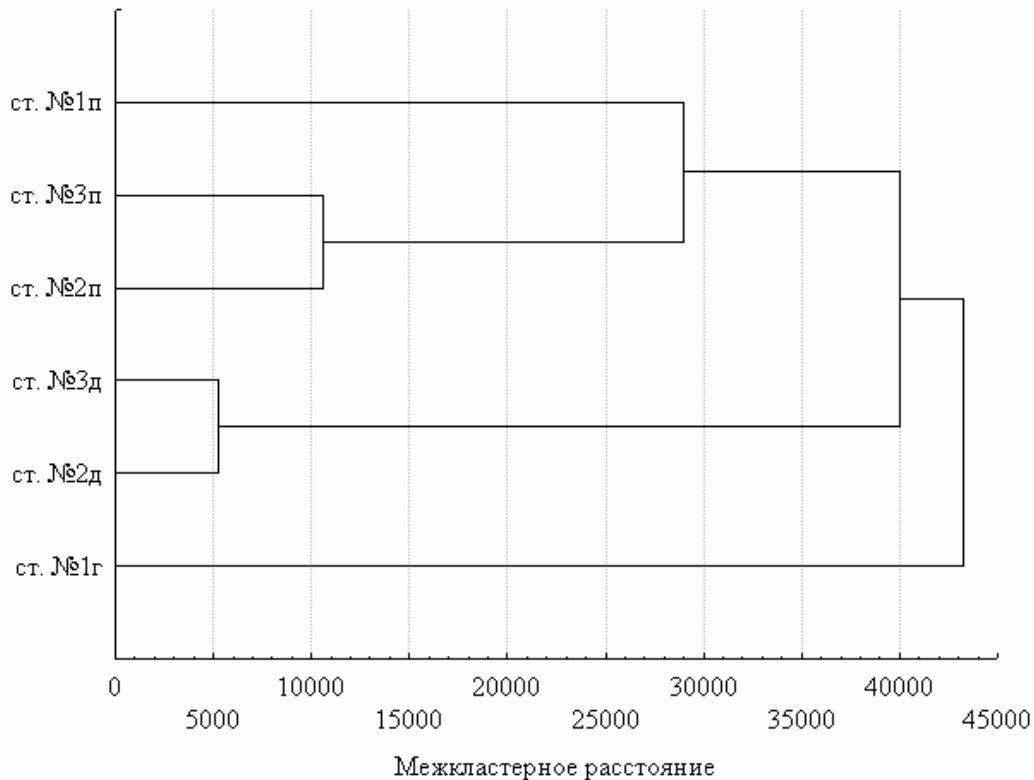


Рис. 4. Дендрограмма кластеризации и межкластерные расстояния.

Минимальное межкластерное расстояние наблюдается в придонном слое на станциях № 2 и № 3 (на рис. 4 они обозначены, как ст. № 2д и ст. № 3д), то на дендрограмме образованный этими станциями новый кластер имеет минимальное межкластерное расстояние.

Далее в единый кластер объединяются сезонные процессы интенсивности поля биолюминесценции наблюдаемые в поверхностном слое на ст. № 2 и № 3 (на рис. 3 они обозначены как ст. № 2п и ст. № 3п).

На следующем шаге происходит объединение кластера полученного на втором шаге (процессы интенсивности поля биолюминесценции наблюдаемые в поверхностных слоях в Севастопольской бухте ст. № 2п и ст. № 3п) с кластером ст. № 1п.

Дальнейшее объединение кластера процессов интенсивности поля биолюминесценции наблюдаемых в поверхностном слое на ст. № 1п, № 2п и № 3п с процессами интенсивности поля биолюминесценции наблюдаемыми в придонном слое на ст. № 2д и ст. № 3д происходит при достаточно большом межкластерном расстоянии равном 40000 (см. рис. 4). Резкий скачок от кластера, образованного группами ст. № 2д и ст. № 3д, к точке объединения свидетельствует о несхожести этих кластеров и поэтому дальнейшая агломерация не имеет смысла.

Таким образом, из рис. 4 следует, что сезонные изменения интенсивности поля биолюминесценции в глубинном слое в открытой акватории моря на траверсе б. Круглая сильно отличаются от остальных

групп и представляет собой монокластер объединяющийся на последнем шаге со всеми другими в один кластер. На дендрограмме, отражающий процесс агломерации, видно, что на последнем шаге итерации дальнейшее объединение кластеров не имеет смысла, поскольку большое расстояние между кластерами (около 43224) показывает их несхожесть.

ВЫВОДЫ

1. Впервые методом многомерного статистического анализа данных проведена структуризация сезонной динамики интенсивности поля биолюминесценции в прибрежной зоне г. Севастополя. 2. Показано различие в процессах сезонной вариабельности биолюминесценции в поверхностных и глубинных слоях региона. 3. Выявлена важная роль термохалинных характеристик водной среды в сезонной изменчивости вертикальной структурированности параметров поля биолюминесценции неритической зоны.

Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела биофизической экологии ИнБЮМ НАНУ за содействие в обеспечении проведенных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Битюков Э.П. Биолюминесценция *Noctiluca miliaris* в разных температурных условиях // Биология моря. – 1971. – Т 24. – С. 70–77.
2. Битюков Э.П., Рыбасов В.П., Шайда В.Г. Годовые изменения интенсивности биолюминесцентного поля в неритической зоне Чёрного моря // Океанология. – 1967. – Т 7, № 6. – С. 1089–1099.
3. Боровиков В.П. Популярное введение в программу STATISTICA. М.: КомпьютерПресс. – 1998. – 267 с.
4. Бурмистрова Н.В., Токарев Ю.Н., Василенко В.И. и др. Организация и проведение биофизического мониторинга планктонного сообщества прибрежной акватории Севастополя: первые результаты // Современные проблемы морской инженерной экологии (изыскания, ОВОС, социально-экономические аспекты). Междунар. науч. конф. (Ростов н/Д, 9 – 11 июня 2008 г.). Ростов н/Д: ЮНЦ РАН. 2008. – С. 59–62.
5. Васечкина Е.Ф., Ярин В.Д. Объектно-ориентированная модель функционирования планктонного сообщества шельфа. // Морск. гидрофиз. журн. 2004. № 6. – С. 43–61.
6. Геворгиз Н.С., Кондратьев С.И., Ляшенко С.В. и др. Результаты мониторинга гидрохимической структуры Севастопольской бухты в тёплый период года // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. – 2002. – Вып. 1(6). – С. 139–156.
7. Долотов В.В., Кондратьев С.И., Ляшенко С.В. Внутригодовые (сезонные) изменения общего содержания биогенных элементов и кислорода в различных районах Севастопольской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2005. – Вып. 12. – С. 167–176.
8. Дюран Б., Оделл П. Кластерный анализ. М.: Статистика, 1977. – 128 с.

9. Иванов В.А., Михайлова Э.Н., Шапиро Н.Б., Репетин Л.Н. Модель Севастопольской бухты. Воспроизведение вертикальной структуры полей температуры и солености в 1997 – 1999 гг. // Морск. гидрофиз. журн. – 2003. – № 4. – С. 15 – 35.
10. Мандель И.Д. Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
11. Миньковская Р.Я., Ильин Ю.П., Хоролич Н.Г. и др. Роль устьевых областей крупных рек Украины в поступлении биогенных веществ в Чёрное море // Современное состояние экосистем Чёрного и Азовского морей. Междунар. конф. (Крым, Донузлав, 13 – 16 сентября 2005 г.). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2005. – С. 52 – 53.
12. Овсяный Е.И., Романов А.С., Миньковская Р.Я. и др. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2001. – Вып. 2. – С. 138–152.
13. Репетин Л.Н., Гордина А.Д., Павлова Е.В. и др. Влияние океанографических факторов на экосистему полузамкнутой антропогенно нагруженной Севастопольской бухты // Морск. гидрофиз. журн. – 2003. – № 2. – С. 66–80.
14. Сеничкина Л.Г. Изменение структуры фитопланктона в локальных зонах моря под воздействием антропогенных факторов / А.В. Ковалев. Планктон Чёрного моря. Киев: Наук. думка, 1993. – С. 55–68.
15. Токарев Ю.Н. Основы биофизической экологии гидробионтов – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – 342 с.
16. Токарев Ю.Н., Битюков Э.П., Василенко В.И. и др. Поле биолюминесценции – характерный показатель структуры планктонного сообщества Черного моря // Экология моря. – 2000. – № 53. – С. 20–25.
17. Токарев Ю.Н., Битюков Э.П., Василенко В.И. и др. Видовое разнообразие планктонных биолюминесцентных в Чёрном море и характеристики формируемого ими поля биолюминесценции в неритической зоне Крыма / В.Н. Еремеев, А.В. Гаевская. Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. – 2003. С. – 121–151.
18. Ward J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function // Journal of the American Statistical Association. – 1963. – 236 p.

Е. Б. Мельникова, Н. В. Лямина
СТРУКТУРИЗАЦИЯ ВНУТРИГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ
ИНТЕНСИВНОСТИ ПОЛЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В
РЕГИОНАЛЬНЫХ ВОДАХ СЕВАСТОПОЛЯ (ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Ключевые слова: поле биолюминесценции, внутригодовая изменчивость, вертикальная структура, Черное море.

Исследована сезонная изменчивость вертикальной структуры интенсивности поля биолюминесценции в прибрежных водах Черного моря. Методом кластерного анализа проведена структуризация сезонной динамики интенсивности поля биолюминесценции в поверхностном и глубинном слоях прибрежной зоны г. Севастополя. Показано различие в процессах, происходящих в поверхностных и глубинных слоях региона. Выявлена важная роль термохалинных характеристик водной среды в сезонной изменчивости вертикальной структурированности параметров поля биолюминесценции.

E. B. Melnikova, N. V. Lyamina

**STRUCTURING ANNUAL VARIATIONS IN BIOLUMINESCENCE
FIELD INTENSITY IN SEVASTOPOL REGIONAL WATERS (BLACK
SEA)**

Key words: *bioluminescence field, intra-annual variation, vertical structure, Black Sea.*

The paper addresses seasonal variability in the vertical structure of the bioluminescence field intensity in the coastal waters of the Black Sea. Using the method of cluster analysis it structures the seasonal dynamics of the bioluminescence field intensity in the surface and deep layers of the coastal area of Sevastopol. The study shows the difference in the processes occurring in the surface and deep layers of the region. It proves the importance of thermohaline characteristics of the water environment in the seasonal variation of the vertical structuring of bioluminescence field parameters.

УДК 581.526(477.7)

І. М. Михалюк

ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВИЩИХ ВОДНИХ ТА ПРИБЕРЕЖНО-ВОДНИХ РОСЛИН ВОДОЙМ ПІВНІЧНОГО ПОДІЛЛЯ

Кременецький обласний гуманітарно-педагогічний
інститут ім. Тараса Шевченка, м. Кременець, Україна;
e-mail: ilonkamuhaluk@rambler.ru

Ключові слова: еколого-ценотичний аналіз, вищі водні рослини, прибережно-водні рослини, біоморфа, екологічні групи, Північне Поділля.

У зв'язку з посиленням антропогенного впливу на природні екосистеми одним із актуальних завдань сучасної ботаніки є еколого-ценотичний моніторинг рослинних угруповань. Аналіз флори за еколого-ценотичними показниками дає можливість виявити її флорогенетичний характер, встановити ступінь пристосованості рослин до змінних умов навколишнього середовища [8], провести екологічну оцінку стану водойм, визначити ступінь антропогенної трансформації середовища та з прогнозувати розвиток водних екосистем [2].

Екологічний аналіз флори дозволяє відобразити розподіл видів за їх реакцією на дію конкретних факторів навколишнього середовища [5]. Ценотичний аналіз – це поділ видів за їх ценотичною приуроченістю та роллю в угрупованнях [9]. Він дозволяє поділити види на групи відповідно до їх участі у структурі угруповань та значення у навколишньому середовищі [1].

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою даної роботи є дослідження особливостей еколого-ценотичної структури вищої водної флори Північного Поділля та порівняння її з гідрофільними флорами інших регіонів.

При екологічному аналізі вищої водної та прибережно-водної флори території дослідження нами були враховані такі показники: розподіл видів за екобіоморфологічними та еколого-ценотичними групами, освітленість екотопу, сольовий і кислотний режим ґрунту. Розподіл за екобіоморфологічними групами проведений за ознакою проходження рослиною певних етапів розвитку в процесі онтогенезу залежно від умов середовища (за Нејну) [11; 12; 7]. Для аналізу ценотичної структури флори застосовано розподіл видів в залежності від типу стратегії (Раменського-Грайма).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз власних досліджень (2009–2012 рр.), матеріалів гербарних фондів (Інституту ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України (KW), ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна Київського національного педагогічного університету імені Тараса Шевченка, Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, Національного ботанічного саду імені М. Гришка НАН України, краєзнавчих музеїв Кременця, Тернополя та Хмельницького) та літературних джерел, показав що вища водна та прибережно-водна флора Північного Поділля налічує 124 види, які належать до 70 родів, 38 родин, 28 порядків та 3 відділів.

Залежно від того, в яких екофазах проходить життєвий цикл видів та від їх адаптації до змін середовища у досліджуваній флорі нами виявлено такі екологічні групи:

- 1) гігроморфні біоморфи – гідроохтофіти, аерогідатофіти, еугідатофіти – 58 видів (46,8 %);
- 2) гідрогеломорфні біоморфи – охтогідрофіти, тенагофіти та плейстофіти – 25 видів (20,2 %);
- 3) геломорфні біоморфи – еуохтофіти, плейстогелофіти та пелохтотерофіти – 20 видів (16,1 %);
- 4) гелогігроморфні біоморфи – улізінозофіти та стеноулігінозофіти – 21 вид (16,9 %).

З таблиці видно, що відповідно до класифікації екоотопів водних та повітряно-водних видів, розробленої Нејну [11; 12; 7], в умовах Північного Поділля чітко виділяються 11 екобіоморфологічних груп (таблиця).

Таблиця. Екологічна структура водної флори Північного Поділля

Ознака	Кількість видів	% від загальної кількості
<i>Розподіл видів за екобіоморфологічними групами</i>		
Гідроохтофіти	25	20,2 %
Аерогідатофіти	20	16,2 %
Улігінозофіти	19	15,3 %
Еуохтофіти	16	12,9 %
Охтогідрофіти	14	11,3 %
Еугідатофіти	13	10,5 %
Плейстофіти	7	5,6 %
Тенагофіти	4	3,2 %
Пелохтотерофіти	3	2,4 %
Стеноулігінозофіти	2	1,6 %
Плейстогелофіти	1	0,8 %
<i>Розподіл видів за відношенням до світлового режиму</i>		
Геліосциофіти	59	47,6 %
Геліофіти	57	45,9 %
Сциофіти	8	6,5 %
Нейтрофіли	57	46,0 %

Субацидофіли	46	37,1 %
Ацидофіли	17	13,7 %
Базофіли	2	1,6 %
Індиферентні	2	1,6 %
Розподіл видів щодо сольового режиму ґрунту		
Семіевтрофи	62	50,0 %
Евтрофи	42	33,9 %
Мезотрофи	15	12,1 %
Субглікотрофи	5	4,0 %
Розподіл видів за еколого-ценотичними групами		
Болотні	52	41,9 %
Водні	45	36,3 %
Водно-болотні	19	15,3 %
Болотно-водні	8	6,5 %

У спектрі екобіоморфологічних груп домінуючими є гідроморфні біоморфи – 58 видів (46,8 %). Гідроохтофітів у флорі Північного Поділля нараховується 25 видів (20,2 %), які з води поширюються на береги та болота, та мають добре виражені адаптаційні властивості до змін екофаз. Представниками цієї групи є: *Equisetum fluviatile* L. em. Ehrh, *Hippuris lanceolata* Retz., *Sium latifolium* L., *Butomus umbellatus* L., *Alisma gramineum* Lej., *Eleocharis palustris*(L.) Roem. et Schult., *Catabrosa aquatica* (L.) Beauv. та ін.

Група аерогідатофітів представлена 20 видами (16,2 %), зокрема *Nymphaea alba* L., *N. candida* J. et C. Presl, *Nuphar lutea* (L.) Smith, *Batrachium circinatum* (Sibth.) Spach., *Ranunculus lingua* L., *Trapa natans* L. *S.L.*, *Potamogeton gramineus* L., *P. natans* L., *Lemna trisulca* L.. Це переважно рослини, які в початкових стадіях онтогенезу розвивають занурені листки, а пізніше – плаваючі. Листкова мозаїка дозволяє їм активно використовувати сонячну енергію для фотосинтезу.

Еугідатофітів у досліджуваній флорі нараховується 13 видів (10,5 %) – *Ceratophyllum demersum* L., *C. submersum* L., *Potamogeton acutifolius* Link., *P. berchtoldii* Fieb., *P. compresus* L., *P. crispus* L. L., *P. friesii* Rupr., *Najas marina* L. та ін. Життєвий цикл представників цієї групи пов'язаний виключно із гідрофазою та прибережною екофазою, утворення наземних форм для них нехарактерне [10]. Серед еугідатофітів є адвентивний вид – *Elodea canadensis* Michx.

До біоморф гідрогеломорфного типу належить 25 видів – 20,2 % від загальної кількості, серед яких значну частку становлять охтогідрофіти – 14 видів (11,3 %), життєвий цикл яких пов'язаний переважно з прибережною та болотною екофазами. Основними представниками є: *Rumex hydrolapathum* Huds, *Rorippa palustris*(L.) Bess., *Scheuchzeria palustris* L., *Cladium mariscus*(L.) Pohl, *Scirpus lacustris* L., *Typha angustifolia* L., *T. latifolia* L.

Плейстофітів у досліджуваній флорі нараховується 7 видів (5,6 %). Для представників цієї групи характерним є вегетативне розмноження, життєвий цикл їх пов'язаний із гідрофазою та прибережною екофазою – *Salvinia natans* (L.) All., *Utricularia minor* L., *U. vulgaris* L., *Lemna gibba* L., *L. minor* L., *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid, *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm.. За походженням ці види мезо- та мегатермні, що ймовірно, залишилися у водоймах помірною поясу із минулих епох, коли ще був клімат теплішим [10].

Група тенагофітів нараховує 4 види (3,2 %) – *Lindernia procumbens* (Krock.) Borb., *Callitriche cophocarpa* Sendtner, *C. stagnalis* Scop., *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. et Schult. Життєвий цикл цих рослин пов'язаний переважно із прибережною та болотною екофазами.

Гелогігроморфних біоморфів у досліджуваній флорі налічується 21 вид – 16,9 %. Життєвий цикл цих рослин пов'язаний переважно із болотною та наземною екофазами. Найбільш чисельними серед них є улгінозофіти – 19 видів (15,3 %) – *Caltha palustris* L., *Polygonum hydropiper* L., *Cardamine amara* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Naumburgia thyrsoflora* (L.) Reichenb., *Callitriche palustris* L., *Iris pseudacorus* L., *Calla palustris* L. та ін. Найменш чисельними є стеноулігінозофіти, які представлені двома видами – *Pinguicula vulgaris* L. та *Hammarbya paludosa* (L.) O.Kuntze, що становить 1,6 % від загального числа видів.

Геломорфних біоморф у вищій водній та прибережно-водній флорі Північного Поділля налічується 20 видів (16,1 %). Життєвий цикл представників цієї групи пов'язаний із болотною екофазою, але на початку вегетації рослини перебувають у гідрофазі, наземна екофаза короткочасна [10]. Група еуохтофітів представлена 16 видами (12,9 %) – це здебільшого високорослі прибережні та болотні злакові, осокові та ситникові види (*Juncus articulatus* L., *J. effuses* L., *J. tenuis* Willd., *Carex acuta* L., *C. acutiformis* Ehrh., *Scirpus sylvaticus* L., *Agrostis stolonifera* L., *Poa palustris* L. та ін.). До груп пелохтотерофітів та плейстогелофітів належить 3 види (2,4 %) та 1 вид – *Pedicularis palustris* L. – (0,8 %) відповідно. Типовими представниками пелохтотерофітів є: *Polygonum hydropiper* L., *Bidens cernua* L., *B. tripartita* L.

Такий розподіл вищих водних та прибережно-водних рослин Північного Поділля зумовлений приуроченістю їх до екоотопів із різким коливанням рівня води. Подібне співвідношення біоморф спостерігається і у флорах водойм Лісостепу України та басейну верхньої частини Дністра, Прута та Західного Бугу, що переважно знаходяться в межах однієї зони [10; 1].

Важливе значення для росту та розвитку рослин відіграє освітлення екоотопу. На основі власних спостережень та літературних даних [6], нами було виділено такі групи: геліофіти, сциофіти та геліосциофіти. Основу цього спектра становлять геліосциофіти (47,6 %) (табл. 1).

Найхарактернішими представниками цієї групи є види родин *Ranunculaceae*, *Elatinaceae*, *Primulaceae*, *Potamogetonaceae*, *Lemnaceae* та *Sparganiaceae*.

Наступну сходинку у цьому спектрі посідають геліофіти (45,9 %). До цієї групи належать представники таких родин: *Nymphaeaceae*, *Polygonaceae*, *Trapaceae*, *Alismataceae*, *Typhaceae*.

Найменш чисельною є група сциофітів – 6,5 %. До цієї групи належать тіньові переважно занурені у воду види: *Equisetum fluviatile*, *Ceratophyllum demersum*, *Rorippa nasturtium-aquaticum* (L.) Hayer., *Utricularia minor*, *U. vulgaris*, *Calla palustris*.

Аналіз спектра водних мактофітів за відношенням до кислотного режиму характеризується переважанням нейтрофілів – 57 видів (46,0 %) та субацидофілів – 46 видів (37,1 %) (таблиця). Типовими представниками цих груп є рослини приурочені до різного типу водойм. Невелика кількість видів, що зустрічаються на торфових ділянках належать до ацидофілів – 17 видів (13,7 %). Два види, *Potamogeton pectinatus* L. та *Najas marina*, належать до базифілів, і приурочені до надмірно евтрофованих водойм. Рослини із широкою амплітудою щодо кислотності субстрату ми відносимо до індіферентних, це *Pedicularis palustris* та *Myriophyllum verticillatum* L.

За відношенням до сольового режиму 50 % від усіх видів становлять семіевтрофи. До рослин, що ростуть в мезо- та евтрофних водоймах та на багатих ґрунтах належать евтрофи (33,9 %). Переважання цих двох груп свідчить про посилені процеси евтрофування водойм досліджуваної території (таблиця). На частку мезотрофів припадає 12,1 %. Значно менша кількість видів належить до групи субглікотрофів – 4 %, які приурочені до слабо- та середньозасолених карбонатних ґрунтів.

Спектр вищої водної та прибережно-водної флори Північного Поділля за приуроченістю до еколого-ценотичних груп показав, що домінуючими є болотна (41,9 %) та водна (36,3 %) групи (таблиця). Сюди належать представники родин які надають перевагу перезволоженим та заболоченим територіям: *Salviniaceae*, *Nymphaeaceae*, *Ceratophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Polygonaceae*, *Droseraceae*, *Onagraceae*, *Trapaceae*, *Haloragaceae*, *Lentibulariaceae*, *Callitrichaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Potamogetonaceae*, *Cyperaceae*, *Lemnaceae*.

Види, які можуть заселяти як водне так і болотне середовище, але надають перевагу болотним умовам, належать до водно-болотної групи – 15,3 %. Типовими представниками є: *Naumburgia thyrsiflora*, *Sium latifolium*, *Veronica anagalis-aquatica* L., *V. beccabunga* L., *Eleocharis palustris*, *Catabrosa aquatica*, *Glyceria fluitans* (L.) R.Br. Вісім видів належить до болотно-водної еколого-ценотичної групи, що становлять 6,5 % (*Elatine alsinistrum* L., *E. hydropiper* L., *Rorippa amphibian* (L.) Bess.,

Oenanthe aquatica (L.) Poir., *Alisma gramineum*, *A. lanceolatum* With., *A. plantago-aquatica* L., *Sparganium emersum* L.).

Аналіз розподілу макрофітів за типом стратегій поведінки в угрупованні показав, що у вищій водній та прибережно-водній флорі досліджуваної території майже однакова кількість представників з первинним та вторинним типом стратегії (відповідно 47,6 % та 52,4 %). Переважання видів із вторинним типом стратегії у гідрофільних флорах зумовлена змінними умовами середовища.

Серед первинних найбільше патієнтів (S-стратегів) – 33 види (26,6 %). Трохи менша частка припадає на віоленти (C-стратегі) – 15 видів (12,1 %) та найменше експлерентів (R-стратегів) – 11 видів (8,9 %) (рисунок). Вторинні стратеги (перехідні або змішані) характеризуються пластичністю видів, які при змінні умов навколишнього середовища здатні змінювати характер поведінки [1]. До цієї групи належать CS-стратегі – 31,5% (*Equisetum palustre* L., *Nuphar lutea*, *Ceratophyllum demersum*, *C. submersum*, *Myosotis palustris* (L.) L., *Butomus umbellatus*, *Elodea Canadensis*, *Potamogeton lucens* L., *Acorus calamus* L., *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza* та ін.), CSR-стратегі – 8,9 % (*Salvinia natans*, *Caltha palustris*, *Rorippa amphibia*, *Cicuta virosa* L., *Sagittaria sagittifolia* L., *Potamogeton perfoliatus* L., *Juncus effusus*, *Eleocharis palustris*, *Poa palustris*), SR-стратегі – 8,1 % (*Batrachium circinatum*, *Polygonum amphibium* L., *Epilobium hirsutum* (L.) Scop., *Scrophularia umbrosa* Dumort., *Carex pseudocyperus* L.), CR-стратегі – 4,0 % (*Nymphaea candida*, *Trapa natans*, *Bidens cernua*, *B. tripartita*, *Agrostis stolonifera*).

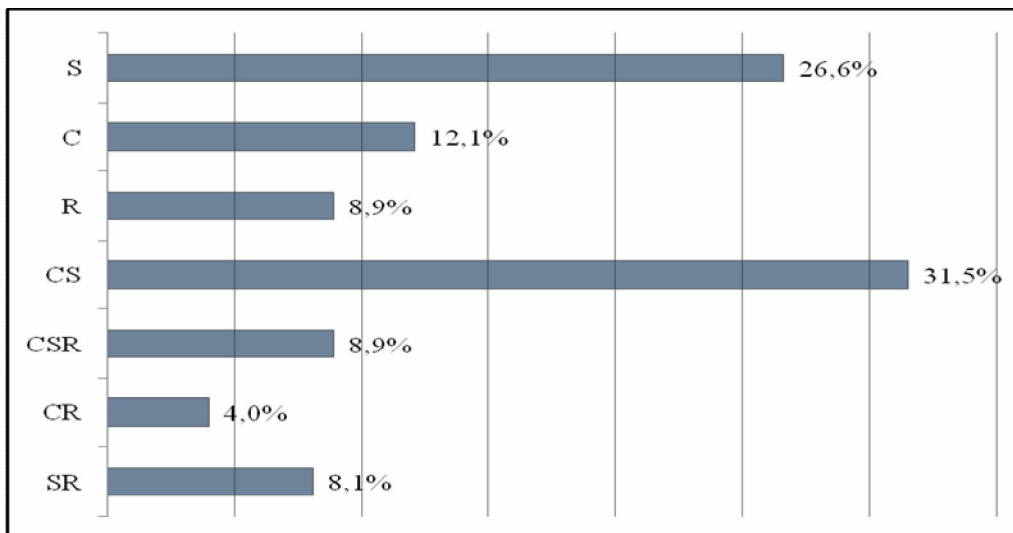


Рис.1. Розподіл видів в залежності від типу стратегії (за Раменським-Граймом).

Такий розподіл видів залежно від типу стратегії характерний для гідрофільної флори Придніпровської височини та флори басейнів вищої

водної флори верхньої течії Дністра, Прута та Західного Бугу, однак тут значно менше CR-стратегів [1; 3]. Найкращими індикаторами, на думку Я. П. Дідуха [4] є віоленти, патієнти та їх проміжні форми. Серед досліджених нами вищих водних та прибережно-водних рослин Північного Поділля переважають саме ці групи, що дає підстави стверджувати про високу достовірність наших фітоіндикаційних досліджень.

Загалом, в еколого-ценотичному відношенні вища водна та прибережно-водна флора регіону відзначається різноманітністю, що зумовлено значною диференціацією водного середовища. За еколого-ценотичною структурою досліджувана флора є типовою для голарктичних території з помірним кліматом.

ВИСНОВОК

Підсумовуючи дані проведеного еколого-ценотичного аналізу вищої водної та прибережно-водної флори Північного Поділля, ми можемо простежити її подібність із іншими гідрофільними флорами України. Особливістю досліджуваної флори є переважання у спектрі екобіоморфологічних груп гідроохтофітів. За відношенням до світлового режиму вона є геліосциофітно-геліофітна. Відносно кислотності субстрату – нейтрофільна та семіевтрофна щодо сольового режиму ґрунту.

Отримані результати є початковим етапом вивчення вищої водної та прибережно-водної флори Північного Поділля, тому багато питань, на сьогодні, залишаються ще недостатньо вивченими.

ЛІТЕРАТУРА

1. Борсукевич Л. М. Вища водна рослинність басейнів верхньої течії Дністра, Прута та Західного Бугу: Автореф. дис. ... канд. біол. наук / Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного – Київ, 2010. – 20 с.
2. Борсукевич Л. М. Структурно-порівняльний аналіз вищої водної флори Східної Галичини // Чорноморський ботанічний журнал. – 2009. – Т. 5, №1. – С.80–90.
3. Голуб Н. П. Гідрофільна флора Придніпровської височини: структура, антропогенна трансформація, охорона: Автореф. дис. ... канд. біол. наук / НАН України. Нац. ботан. сад ім. М. М. Гришка. – Київ, 2003. – 21 с.
4. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
5. Дідух Я. П. Растительный покров горного Крыма (структура, динамика, эволюция и охрана). – К.: Наук. думка, 1992. – 256 с.
6. Культаисов И.М. Экология растений. – М.: МГУ, 1982. – 384 с.
7. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды / Дубына Д. В., Гейны С., Гроудова З. и др.; под ред. С. Гейны, К. М. Сытника. – К.: Наук. думка, 1993. – 434 с.
8. Мшанецька Н.В. Аналіз флори малого Полісся (Україна) (з використанням комп'ютерних баз даних): Автореф. дис. ... канд. біол. наук / Київський університет ім. Тараса Шевченка. – К., 1995. – 26 с.
9. Чопик В.І. Високогірна флора Українських Карпат. – К.: Наук. думка, 1976. – 268 с.

10. Чорна Г. А. Флора водойм і боліт Лісостепу України. Судинні рослини. – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 184 с.
11. Hejny S. Ein Beitrag zur Ökologischen Gliederung der Makrophyten in en Niedrigungsgewassern der Tschechslowakei // Preslia. – 1957. – Т. 29. – S. 349–368.
12. Hejny S. Ökologische Charakteristik der Wasser- und Sumpfpflanzen in den Slowakischen Tiefebene (Donau- und Theissegebiet). – Bratislava: Geobot. Labor. Tschechoslowak. Academ. Wissensch, 1960. – 492 p.

И. М. Михалюк

**ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЫСШИХ ВОДНЫХ
И ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ ВОДОЕМОВ
СЕВЕРНОГО ПОДОЛЬЕ**

Ключевые слова: эколого-ценотический анализ, высшие водные растения, прибрежно водные растения, биоморфа, экологические группы, Северное Подолье.

В статье проанализирована эколого-ценотическая структура высшей водной и прибрежно-водной флоры водоемов Северного Подолья. Обнаружено, что в спектре экобиоморфологичних групп доминируют гидроохтофиты. Относительно светового режима преобладают гелиосциофиты, а по солевому режиму почвы самой многочисленной является группа семиэвтрофов. По характеру поведения видов в группировках доминирующими являются виды с вторичным типом стратегии.

I. M. Mykhalyuk

**ECOLOGICAL AND COENOTICAL ANALYSIS OF HINGHER AQUATIC
AND RIVERSIDE-AQUATIC PLANTS OF NORRHENR PODILLIA
BASINS**

Key words: ecological and coenotic analysis, higher aquatic plants, riverside-aquatic plants, biomorph, ecological groups, Northern Podillya.

The article analyzes the ecological and coenotic structure of higher aquatic and riverside-aquatic flora of water basins in Northern Podillya. It discovers that hydroohtophytes prevail in the range of ecobiomorphological groups. As for the light and salt regimes, heliosciophytes and semieutrophs are dominant. By the nature of species behavior in aggregations, species with a secondary strategy type dominate.

УДК 599.362.2:591.4(477.8)

А. А. Саварин

**ОБ АНОМАЛИЯХ И ПАТОЛОГИИ СВОДА ЧЕРЕПА КРОТА
ОБЫКНОВЕННОГО (*TALPA EUROPAEA* LINNAEUS, 1758)
НА ЮГО-ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ**

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
г. Гомель, Беларусь; e-mail: a_savarin@mail.ru

Ключевые слова: *Talpa europaea*, свод черепа, патофизиологические процессы, патология, аномалия.

Крот обыкновенный (*Talpa europaea* Linnaeus, 1758) – один из наиболее распространенных видов мелких млекопитающих на территории Беларуси. Несмотря на важную роль в наземных биогеоценозах, комплексные исследования экологии данного вида насекомоядных (Insectivora) млекопитающих не проводились в республике с середины XX века [1]. Отсутствуют даже сведения по метрическим и фенетическим характеристикам обыкновенного крота отдельных регионов Беларуси.

Нами ранее [2] проанализирована серия черепов взрослых особей из коллекции к. б. н. П. П. Григорьева (n = 43), собранной этим специалистом в 1950 г. в различных областях Белоруссии (быв. Барановичской, быв. Полоцкой, быв. Пинской, Гомельской и Витебской). В 11 черепах (25,6 %) выявлено сильное локальное истончение свода черепа вследствие сближения наружной (*lamina externa*) и внутренней (*l. interna*) пластинок из-за уменьшения слоя губчатого вещества (*diploe*). Эта патология наблюдалась у особей обеих полов в независимости от поры года (даты поимки). Другие морфо-анатомические изменения в указанной серии черепов не выявлены.

В последние годы [3] у особей вида, обитающих на юго-востоке страны, обнаружены одонтологические аномалии: изменение количества предкоренных зубов (в 7,7 % случаев), наличие дополнительного шва на твердом небе (2,6 %), гипоплазия второго и третьего нижних резцов (10,3 %). Причем, полученная частота встречаемости вариаций количества зубов не согласуется с высказанной [4] точкой зрения о географической изменчивости зубов обыкновенного крота. Данный факт может свидетельствовать как о генетической индивидуальности кротов, обитающих на юго-востоке Беларуси, так и о воздействии некоторых патогенных факторов.

Средняя продолжительность жизни крота в естественных условиях региона составляет около 2–3 лет, что соответствует таковой и у другого обычного представителя насекомоядных млекопитающих северного

белогрудого ежа (*Erinaceus concolor roumanicus* Barrett-Hamilton, 1900). В этой связи представляет интерес сравнение разнообразия аномальных и патологических морфо-анатомических изменений свода черепа и выявления частоты их встречаемости у обыкновенного крота и белогрудого ежа, а также анализ многолетних выборок, временной диапазон получения которых составляет около 50 лет (коллекция П. П. Григорьева и автора статьи).

Важнейшими, по нашему мнению, биолого-экологическими особенностями крота (по сравнению с ежом), способными существенно влиять на течение патофизиологических процессов в костной ткани черепа и ЦНС, являются относительное постоянство температуры почвенной среды и отсутствие зимней спячки.

Следует заметить, что на кротах и ежах паразитирует большое количество эктопаразитов (прежде всего, блох и клещей) [5, 6 и др.], способных передавать патогенные микроорганизмы и вирусы, поражающие и ЦНС (например, клещевой энцефалит и болезнь Лайма).

Главная цель исследований – выявить динамику патоморфологических изменений в своде черепа млекопитающих юго-восточного региона Беларуси. Поставленная цель требует скрупулезного морфоанатомического анализа имеющихся коллекционных фондов. Коллекционный материал должен послужить основой для выработки единой методики диагностики и дифференциации аномалий и патологий черепа и для создания аннотированного каталога этих изменений у млекопитающих.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили личные сборы автора 1994–2010 гг. Мертвые зверьки ($n = 39$) были найдены в различных лесных фитоценозах (дубрава орляковая, сосняки черничный и мшистый) юго-востока Беларуси (Гомельский лесхоз). Массовая гибель кротов в летнее время является обычным явлением, наблюдается и на территории Украины [7].

Возраст особей определяли по степени стертости клыков. Истончение костной ткани (после разбора черепа на отдельные кости) определялось путем измерения ее толщины штангенциркулем. При осмотре целого (не разобранного на отдельные кости) черепа истонченные лобные кости имеют более темную окраску.

Череп хранятся в коллекции автора.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В просмотренной серии черепов обыкновенного крота диагностируется одна форма патологии (рис. 1) и две аномалий (рис. 2, 3).

Патологическое истончение костной ткани наблюдалось в различных участках свода черепа (даже в затылочном), но чаще всего в передней части теменных костей, на границе с лобными костями. Истончение может быть как лево- или правосторонним (рис. 1 А), так и двусторонним (рис. 1 Б); оно обнаруживается и у самцов, и у самок в независимости от даты находки (гибели) зверька. Такая же форма патологии свода черепа диагностировалась в анализируемом ранее коллекционном материале обыкновенного крота, собранном П. П. Григорьевым [2], а также у северного белогрудого ежа (но в лобных костях) с территории Беларуси в более 50 % случаев [8]. Хорошо известно из медицинской литературы, что истончение костной ткани мозгового отдела является достоверным признаком протекающих в нейрокраниуме патофизиологических процессов [9].

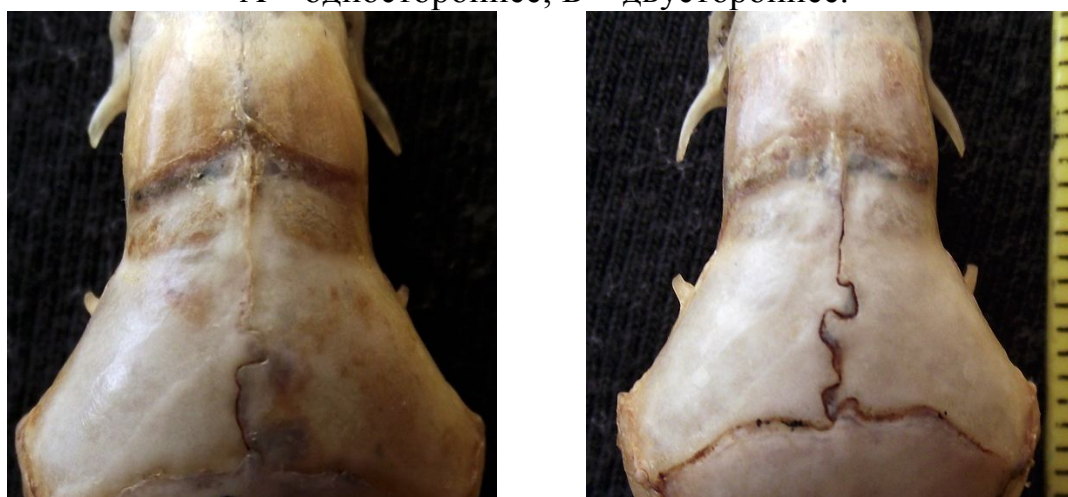


А

Б

Рисунок 1. Истончение свода:

А – одностороннее; Б – двустороннее.



А

Б

Рисунок 2. Искривление сагиттального шва (впячивания):

А – одностороннее; Б – двустороннее.



Рисунок 3. Участки просветления костной ткани.

Искривление стреловидного (сагиттального) шва выражалось в наличие крупных округлых (1–1,5 мм) выпячиваний, которые, могли быть как односторонними, так и двусторонними (рис. 2). Такие изменения формы швов усиливают прочность соединения прилегающих костных тканей и являются адаптивно-приспособительными на возрастание внутричерепного давления.

Вторая форма аномалий свода черепа – наличие округлых или продолговато-овальных (чаще всего около 1,0 мм в диаметре), нередко многочисленных участков просветления костной ткани. С наружной (*l. externa*) и внутренней (*l. interna*) поверхности эти участки никаких видимых морфо-анатомических изменений не имели.

На основе анализе работ [10, 11 и др.] можно предположить два пути происхождения подобной аномалии:

- отложение дополнительных солей кальция (обызвествление), которые происходят при поствоспалительных поражениях головного мозга и целом ряде паразитарных заболеваниях;
- пятнистый остеопороз, наблюдаемый при остро протекающих патологических процессах.

Для подтверждения высказанных предположений необходимо исследовать микроструктуру костной ткани с использованием оптической техники.

Рассматриваемые морфоанатомические изменения черепа у особей обыкновенного крота выявляются с различной частотой (табл. 1). У абсолютного большинства особей регистрируется только истончение свода.

Анализ результатов исследований позволяет сделать следующие предварительные выводы:

1. Истончения свода черепа у обыкновенного крота проявляются в течение всего года в независимости от пола особей. Данный факт свидетельствует о хроническом характере патофизиологических процессов

в популяции. Частота встречаемости указанного патоморфологического изменения теменных костей составляет около 85 % , что сопоставимо с таковой (более 50 %) у особей северного белогрудого ежа, обитающего на юго-востоке Беларуси. По нашему мнению, патофизиологические процессы в черепе и ЦНС зверьков обоих видов насекомоядных млекопитающих являются одним из мощных факторов элиминации. Это объясняет причину малой доли в популяциях обоих видов зверьков особей старших возрастных групп и сравнительно малую среднюю продолжительность жизни.

Таблица 1. Морфологические особенности свода черепа крота обыкновенного (n = 39) на юго-востоке Беларуси

Характеристика	Варианты (вариации), характер изменчивости	Частота встречаемости
Истончение теменных костей	округлые «окна» до 4 мм длины и 2 мм ширины, могут быть «сетчатыми»	84,6 %
Искривления сагиттального шва (впячивания 1,0–1,5 мм)	одно- и двустороннее впячивания встречаются с частотой 1 : 1	15,4 %
Участки просветления костной ткани округлой или овальной формы	от нескольких мелких (0,3–0,5 мм) «точек» до округлых пятен 1,75 мм	20,5 %

2. Частота встречаемости истончения теменных костей в 3,3 раза превышает аналогичный показатель, полученный при анализе коллекции П. П. Григорьева [2], что может свидетельствовать о нарастании в последние десятилетия патофизиологических процессов в популяциях обыкновенного крота. Однако, нельзя отрицать и того, что, возможно, это является только особенностью популяции юго-востока Беларуси (так как большая часть выборки [1] получена не на территории Гомельской области).

3. Выявленные аномалии (значительные искривления сагиттального шва и участки просветления костной ткани округлой формы) являются адаптивно-приспособительными изменениями, возникшими вследствие происходящих патофизиологических процессов в нейрокраниуме, и находятся в соответствии с зарегистрированной формой патологии.

Полученные результаты указывают на актуальность и медико-эпидемиологическую целесообразность широких микробиологических исследований кротов Беларуси, которые до сих пор не проводились.

Важной задачей дальнейших исследований считаем изучение морфологии внутренней поверхности свода черепа данного вида. Высокая информативность и значимость подобной работы доказаны [12].

Представляет особый интерес диагностика аномальных и патологических изменений черепа у кротов, обитающих на территории Украины, и выявление на этой основе закономерностей патофизиологических процессов.

Автор благодарит рецензента за высказанные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев П.П. Экология крота в Белорусской ССР (материалы по биологическим основам промысла): Автореф. дис. ... канд. биол. наук; БГУ им. В. И. Ленина. – Минск, 1956. – 15 с.
2. Саварин А.А. Предварительные сведения по патологии мозгового отдела черепа европейского крота Беларуси (по материалам П. П. Григорьева, 1950–1954 годы) // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: Материалы VII Международной научно-практической конференции (Гомель, 19–21 октября 2005 г.). – Гомель, 2005. – С. 173–175.
3. Саварин А.А. Одонтологическая изменчивость у крота обыкновенного (*Talpa europaea* Linnaeus, 1758) на юго-востоке Беларуси // Весці БДПУ. Сер. 3. – 2011. – № 3. – С. 13–17.
4. Юдин Б.С. Насекомоядные млекопитающие Сибири. □ Новосибирск: Наука, 1989. – С. 52–53.
5. Kocianova E., Kožuch O. A contribution to the parasite fauna in winter nests of the common mole (*Talpa europaea* L.) and incidence of its infection with tick-borne encephalitis virus (TBE) and rickettsia *Coxiella burnetii* // Folia Parasitologica. – 1988. – № 35. – P. 175–180.
6. Панасенко Н.А., Канівець В.М., Лашенко В.Ф. До вивчення паразитофауни крота європейського в умовах дендропарка «Тростянець» НАН України // Збірник наукових праць викладачів природничо-географічного факультету. – Ніжин: Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, 2009. – Вип. 3. – С. 10–20.
7. Абеленцев В.І., Підоплічко І.Г., Попов Б.М. Загальна характеристика ссавців. Комахоїдні, кажани / – К.: Видавництво АН Української РСР.– 1956. – С. 100–102. – (Фауна України. Том 1, вип. 1).
8. Саварин А. А. Патологические деформации черепа белогрудого ежа, *Echinaceus concolor* (Echinaceidae, Insectivora) из Белорусского Полесья // Вестник зоологии. – 2006. – № 6. – С. 549–554.
9. Рентгенодиагностика заболеваний и повреждений черепа / Коваль Г. Ю., Даниленко Г. С., Нестеровская В. И. и др. – К.: Здоровье, 1984. – 376 с.
10. Линденбратен Л.Д. Методика изучения рентгеновских снимков. – М.: Медицина. – 1971. – 352 с.
11. Михайлов А.Н. Рентгеносемиотика и диагностика болезней человека: Справ. пособие. – Минск: Вышэйшая школа. – 1989. – 608 с.
12. Саварин А.А. О морфологии внутренней поверхности свода черепа северного белогрудого ежа (*Echinaceus concolor roumanicus* Barrett-Hamilton, 1900) с территории Беларуси // Известия Смоленского государственного университета. – 2012. – №. 3(19). – С. 273–281.

A. A. Savarin

ON THE ANOMALY AND PATHOLOGY OF SKULL SURFACE IN THE EUROPEAN MOLE (*TALPA EUROPAEA* LINNAEUS, 1758) ON THE TERRITORY OF SOUTH-EASTERN BELARUS

Keywords: *Talpa europaea*, skull surface, pathophysiologic processes, pathology, anomaly.

The article provides the description of anomalies and pathology of collected samples of *Talpa europaea*. The data were obtained in 1994–2010. Natural life expectancy of a mole does not exceed 2–3 years, which is caused by the factors of pathophysiologic nature.

A. A. Саварін

ПРО АНОМАЛІЇ ТА ПАТОЛОГІЇ ПОВЕРХНІ ЧЕРЕПА ЄВРОПЕЙСЬКОГО КРОТА (*TALPA EUROPAEA* LINNAEUS, 1758) НА ТЕРИТОРІЇ ПІВДЕННО-СХОДУ БІЛОРУСІ

Ключові слова: *Talpa europaea*, поверхня черепу, патофізіологічні процеси, патології, аномалія.

У статті приводиться опис аномалій та патології зібраних зразків *Talpa europaea*. Матеріал був зібраний в 1994–2010 рр. Тривалість життя крота в природних умовах не перевищує 2–3 років, що обумовлено впливом факторів патофізіологічної природи.

УДК: 612.398.192:577.112.384:611.018.5

Н. О. Салига

ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ ЩУРІВ ЗА ДІЇ СТРЕСУ ТА ВПЛИВУ АМІНОКИСЛОТ

Інститут біології тварин НААН, м. Львів, Україна;
e-mail: ynosyt@yahoo.com

Ключові слова: *L-глутамінова кислота, L-цистеїн, лейкоцити, стрес, фагоцитарна активність.*

Однією з важливих проблем медицини та біології є вивчення впливу стресу на захисні функції організму. При стресі відбувається посилення адаптивних можливостей організму за рахунок мобілізації енергетичних ресурсів для активного подолання несприятливих впливів [1]. Катехоламіни є пусковими медіаторами стресу. Пошук біологічно активних речовин, які сприяють більш швидкій адаптації організму в стресових умовах особливо актуальний. Харчові добавки амінокислот, які застосовують для тварин і людей з пониженим імунітетом і інфекційними захворюваннями підвищують імунний статус, тим самим знижуючи захворюваність і смертність. Аргінін, глутамінова кислота і цистеїн є кращими з прототипів.

Глутамінова кислота (L-Glu) відіграє одну з основних ролей в азотному обміні, бере участь в білковому і вуглеводному обмінах, стимулює окислювальні процеси, перешкоджає зниженню окисно-відновного потенціалу, нормалізує обмін речовин, проявляє гепатопротекторну дію [7, 11–12]. Організм використовує протягом дня величезну кількість L-Glu. Особливо багато її потрібно для підтримки функціонування імунної системи, нирок, підшлункової залози, жовчного міхура і печінки [10]. У здоровому організмі L-Glu синтезуються і використовуються для забезпечення функцій клітин, що швидко діляться, зокрема, імунних. Наявність рецепторів L-Glu на клітинах імунної системи дозволяє вважати її не лише нейро-, але й імуномодулятором [8].

Метаболічні процеси, що відбуваються в організмі тварин та людини при стресах і захворюваннях призводять до використання великої кількості L-Glu [9, 13]. Дослідження обміну L-Glu є важливими для з'ясування її ролі у метаболічних процесах, представляє значний інтерес для вирішення багатьох фундаментальних та практичних проблем, пов'язаних з білковим обміном.

Метою роботи було вивчити вплив високих доз L-Glu та L-Glu у комплексі з цистеїном (L-Cys) на окремі гематологічні та імунологічні показники крові за умов гострого стресу.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дослід проводили на білих щурах-самцях лінії Вістар масою 200–220 г, які були розділені на 4 групи по 10 тварин у групі (три дослідні та одна контрольна). Тваринам першої дослідної групи вводили внутрішньоочеревинно адреналін у дозі 10 мкг/100 г маси тіла, тваринам другої та третьої дослідних груп вводили адреналін у дозі 10 мкг/100г маси тіла після чого щурам другої групи – розчин L-Glu у дозі 750 мг/кг, а щурам третьої групи – розчин L-Cys у дозі 300 мг/кг та L-Glu у дозі 750 мг/кг. Щурам контрольної групи вводили відповідну кількість фіз. розчину. Тваринам згодовували стандартний комбікорм для лабораторних щурів. Через 24 години тварин всіх груп за анестезії ефіром декапітували. Під час проведення досліджень на тваринах дотримувалися принципів біоетики, законодавчих норм та вимог згідно з положенням «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та наукових цілей» (Страсбург, 1986) і «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001).

Матеріалом для досліджень служила кров лабораторних щурів. У цільній крові визначали гематологічні (кількість еритроцитів, лейкоцитів, лейкоформула) та імунологічні показники (фагоцитарна активність нейтрофілів, котру оцінювали за допомогою НСТ-тесту) [2]. Одержані цифрові дані обробляли статистично. Для визначення вірогідних відмінностей між середніми величинами використовували критерій Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

При стресі запускається цілий комплекс біохімічних реакцій. Зокрема, підвищується рівень основного обміну. При стресі збільшується розпад білків організму. Якщо в крові немає їх запасу, руйнуються клітини організму – в першу чергу лімфоїдні.

Встановлено, що стрес приводив до вірогідного зниження кількості еритроцитів (табл.1) у тварин першої дослідної групи порівняно до контролю. Слід зазначити, що тварини другої та третьої дослідних груп, які отримували L-Glu та L-Glu у комплексі L-Cys загальна кількість еритроцитів була на одному рівні з тваринами контрольної групи. Можна припустити, що стрес викликаний адреналіном можна розглядати як фактор, який приводить до розвитку анемії у тварин. Результати наших досліджень показали, що загальна кількість лейкоцитів після застосування L-Glu була на одному рівні у всіх груп тварин і знаходилась в межах фізіологічної норми. Незрілих і патологічних форм лейкоцитів у крові тварин другої та третьої дослідних груп виявлено не було.

Таблиця 1. Вплив амінокислот на загальну кількість еритроцитів та лейкоцитів у крові щурів за дії стресу

Група тварин	Показники	
	Еритроцити, Т/л	Лейкоцити, Г/л
Д1	3,75 ± 0,25***	6,50 ± 0,39
Д2	4,82 ± 0,19	5,20 ± 0,41
Д3	5,39 ± 0,22	5,00 ± 0,35
К	5,69 ± 0,13	5,00 ± 0,47

Примітка. У цій і наступних таблицях: * – вірогідність відмінностей у значеннях показників між контрольною та дослідними групами тварин (*-*** – $p < 0,05$ – $p < 0,001$).

Лейкоцитарна формула експериментальних тварин представлена в таблиці 2. В організмі процентний вміст одних видів лейкоцитів зменшується чи збільшується за рахунок зменшення або збільшення інших видів лейкоцитів. За аналізом лейкоцитарної формули крові можна судити про стан протікання патологічних процесів, про появу ускладнень. Показники лейкограми периферичної крові у щурів другої та третьої дослідних груп, достовірно не відрізнялися від показників контрольної групи. У тварин першої дослідної групи спостерігалось зниження кількості лімфоцитів за рахунок зростання сегментоядерних нейтрофілів. Це узгоджується з даними деяких авторів, про те що лімфопенія розвивається при спадкових і набутих імунодефіцитних станах та стресах [6].

Таблиця 2. Вплив амінокислот на лейкоцитарну формулу крові щурів за дії стресу

Група тварин	Лімфоцити, %	Базо-філи, %	Еозинофіли, %	Моноцити, %	Нейтрофіли		
					Юні, %	Паличко ядерні, %	Сегментоядерні, %
Д1	51,00 ± 2,71**	0,40	2,00 ± 0,45	1,00	-	1,80	43,80 ± 1,98**
Д2	66,00 ± 1,00	0,40	2,20 ± 0,37	0,40	-	0,80	30,20 ± 1,16
Д3	63,80 ± 2,52	0,60	2,20 ± 0,58	-	-	0,60	32,80 ± 2,22
К	61,40 ± 1,66	0,60	2,80 ± 0,73	0,40	-	1,00	33,80 ± 2,50

Як відомо, в організмі тварин поряд з функціонуванням специфічних до конкретних антигенів форм реагування (імуноглобуліни різних класів, реакції клітинного імунітету), наявні філогенетично більш древні фактори неспецифічної резистентності організму. Ця форма резистентності забезпечує першу лінію захисту організму до пошкоджуючих факторів і лежить в основі природного імунітету. Активуючий вплив адреналіну на фагоцитарну активність лейкоцитів в низьких концентраціях і пригнічуюча дія високих концентрацій відомі давно [4].

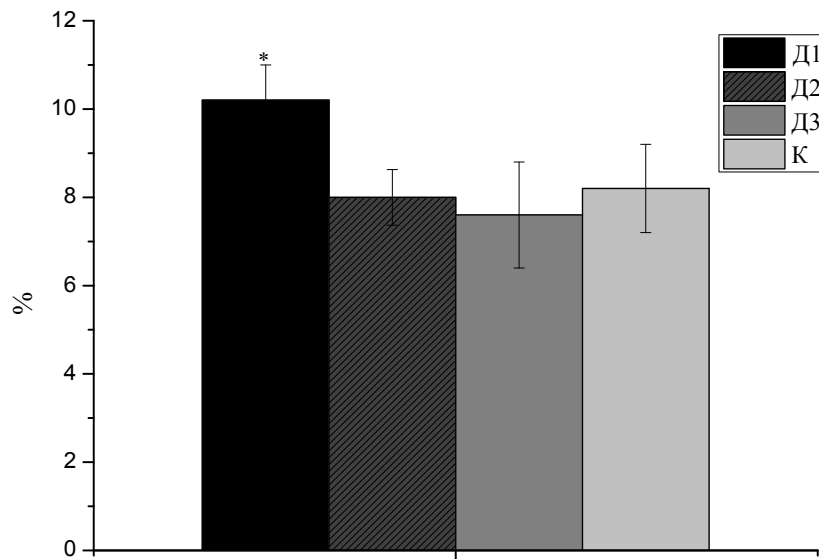


Рис. Вплив амінокислот на фагоцитарну активність нейтрофілів за дії стресу.

Фагоцитарна активність нейтрофілів, котру оцінювали за допомогою НСТ-тесту вказує на метаболічний потенціал фагоцитів. Аналіз даних (рис.) свідчить про те, що при гострому стресі фагоцитарна активність нейтрофільних гранулоцитів у тварин першої дослідної групи була достовірно вищою у порівнянні з тваринами контрольної групи. Можна припустити, що адреналін здатен збільшувати циркулюючий пул нейтрофілів. Таким чином, в крові спостерігалось збільшення кількості нейтрофілів і за рахунок цього підвищення фагоцитарної активності нейтрофілів. Очевидно активація фагоцитуючих клітин за дії стресу відіграє важливу роль. Це узгоджується з даними [3] про те, що через 24 год після дії стресу зростали показники фагоцитозу. Хоча деякі автори стверджують, що в системі *in vitro* адреналін пригнічував фагоцитарну активність нейтрофілів [5]. Що стосується тварин другої та третьої дослідних груп, цей показник був практично на одному рівні з тваринами контрольної групи.

ВИСНОВКИ

Застосування L-Glu та L-Glu у комплексі L-Cys при стресах дозволяє організму вийти на рівень контрольних значень, що відобразилось на кількості еритроцитів та фагоцитарній активності нейтрофілів тварин другої та третьої дослідних груп. У тварин, які зазнавали дії стресу без застосування вищезгаданих амінокислот знижувалась загальна кількість еритроцитів та підвищувалась фагоцитарна активність нейтрофілів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барабой В.А., Брехман И.И., Голотин В.Г., Кудряшов Ю.Б. Перекисное окисление и стресс. – СПб.: Наука, 1992. – 148 с.
2. Влізло В.В., Федорук Р.С., Ратич І.Б. та ін. // Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині – Львів.: СПОЛОМ. – 2012. – 761 с.
3. Кузьменко Е.В., Никифорова Н.А., Иваненко М.О. Фагоцитарная активность нейтрофилов периферической крови крыс с различной реакцией на стресс // Вестник ХНУ им. В.Н. Каразина. Серия: биология. – 2010. – Вип. 11 – С. 173–177.
4. Селье Г. Концепция стресса как мы ее представляем в 1976 году // Новое о гормонах и механизмах их действия. – К.: Наук, думка, 1977. – С. 27–51.
5. Шилов Ю.И., Орлова Е.Г., Ланин Д.В. Адренергические механизмы регуляции фагоцитарной активности нейтрофилов периферической крови крыс при стрессе и введении гидрокортизона // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2004. – № 3. – С. 8–13.
6. Шилова Ю.О., Шилов Д.Ю., Шилов Ю.І. Вплив стресу на активність лейкоцитів периферичної крові // Успіхи сучасного природознавства. – 2010. – № 7. – С. 54–55.
7. Brosnan J.T. Brosnan M.E. Glutamate: a truly functional amino acid // Amino Acids. – 2012. – Vol. 25. – P. 207–218.
8. Hansen A.M., Caspi R.R. Glutamate joins the ranks of immunomodulators // Nat.Med. – 2010. – Vol. 16. – №8. – P. 856–858.
9. Newsholme P, Procopio J, Lima MM, Pithon-Curi TC, Curi R. Glutamine and glutamate: their central role in cell metabolism and function // Cell Biochem Funct. – 2003. – Vol. 21. – P. 1–9.
10. Newsholme P, Lima M.M., Procopio J., et al. Glutamine and glutamate as vital metabolites // Braz. J. Med Biol Res. – 2003. – Vol. 36. – P. 153–163.
11. Shelly C. Lu Regulation of glutathione synthesis // Molecular Aspects of Medicine. – 2009. – Vol. 30, Issues 1–2. – P. 42–59.
12. Roth E, Spittler A, Oehler R. Glutamine: effects on the immune system, protein balance and intestinal functions// Wien Klin Wochenschr. – 1996. – Vol. 108(21). – P. 669–676.
13. Tapiero H., Mathé G., Couvreur P., Tew K.D. Glutamine and glutamate // Biomed Pharmacother. – 2002 – Vol. 56(9). – P.446–457.

Н. О. Салыга

**ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КРЫС ЗА
ДЕЙСТВИЯ СТРЕССА И ВЛИЯНИЯ АМИНОКИСЛОТ**

Ключевые слова: L-глутаминовая кислота, L-цистеин, лейкоциты, стресс, фагоцитарная активность.

Исследовали влияние L-Glu и L-Glu в комплексе с L-Cys на отдельные гематологические и биохимические показатели крови крыс за действия стресса. Установлено, что у животных, подвергавшихся действию стресса без применения вышеупомянутых аминокислот снижалось общее количество эритроцитов и возрастала фагоцитарная активность нейтрофилов. Дополнительное введение L-Glu и L-Glu в комплексе с L-Cys при стрессах позволяет организму выйти на уровень контрольных значений, что отразилось на количестве эритроцитов и фагоцитарной активности нейтрофилов животных второй и третьей опытных групп.

N. O. Salyha

**HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF THE BLOOD OF RATS
UNDER STRESS AND INFLUENCE OF AMINO ACIDS**

Keywords: *L-glutamic acid, L-cysteine, leukocytes, stress, phagocyte activity.*

The article investigates the effects of L-Glu and L-Glu in combination with L-Cys on some hematological and biochemical parameters of rat blood under stress. It shows that animals under stress (without administering the above mentioned amino acids) revealed a decrease in the total number of red blood cells and an increase in the phagocyte activity of neutrophils. Additional injection of L-Glu and L-Glu in combination with L-Cys allows the body to reach the level of control values during stress, which affected the number of red blood cells and phagocytic activity of neutrophils in animals of the second and third experimental groups.

УДК 598.1:591.9 (447.43/.44)

Л. Ю. Соболенко

ФАУНА ЗЕМНОВОДНИХ ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ

Уманський державний педагогічний університет ім. Павла Тичини,
м. Умань, Черкаська обл.; e-mail:sobolenko@ukr.net

Ключові слова: амфібії, Західне Поділля, чисельність, поширення.

Вивченням батрахофауни західного регіону України займалось багато зоологів [1, 5–8, 10, 11, 13, 14]. Ці дослідження стосувались лише певних його частин, головним чином Карпатського регіону, при цьому Західне Поділля ніколи не виділялось і спеціально не розглядалось. На цей час Західне Поділля є одним із найменш вивчених у герпетологічному відношенні регіонів України, хоча комплекс природно-географічних характеристик формує досить сприятливі умови для амфібій, які найчастіше приурочені до заплавних екосистем.

Метою нашої роботи було вивчення чисельності та поширення земноводних на території Західного Поділля.

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА

Основу роботи становлять результати польових досліджень, що проводилися в період сезонної активності видів протягом 1998–2012 рр., доповнені даними літературних джерел та результатами, отриманими при опрацюванні фондів колекцій Національного науково-природничого музею НАН України та зоологічних музеїв Львівського Національного університету імені Івана Франка та Тернопільського Національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

Обліки проводилися у 76 пунктах, що рівномірно розподілені по території дослідження. Обліками охоплені всі типи природних та трансформованих біотопів. Підрахунок чисельності проводили маршрутним методом [4, 12, 15].

Об'єм дослідженого матеріалу становить 3475 особин амфібій (з них 678 особин досліджено за зовнішніми морфометричними ознаками, для 118 проведено цитометричний та алозимний аналіз.

РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ

В результаті проведеного дослідження на території Західного Поділля встановлено 12 видів амфібій та одну гібридну форму (*Pelophylax esculentus* – *ridibundus*), що належать до двох рядів і 6 родин. До Ряду Хвостатих (*Caudata*) відноситься два види з родини Саламандрових (*Salamandridae*), до Ряду Безхвостих (*Anura*) – 10 видів і один гібридний біотип, які належать до 5 родин.

Тритон звичайний – *Lissotriton vulgaris* (L., 1758). В досліджуваному регіоні в придатних стаціях поширений повсюдно. В лісостеповій частині зустрічається частіше, ніж на відкритих ділянках. Знахідки головним чином приурочені до лісових масивів та водних об’єктів. Пункти знахідок виду представлені на рис. 1. Відсутній в агроценозах, на відкритих горбистих схилах Товтрового кряжу в межах Хмельницької та Тернопільської обл. Чисельність виду максимальна по долинах річок Стрипи, Серету, Нічлави, Смотрича, а також невеликих озер та зарослих ставків. Тут зустрічається від 11 до 25 ос./100 м маршруту. Зниження щільності до 1–6 ос./100 м спостерігається на відкритих ландшафтах із невеликими водоймами. В умовах Західного Поділля в період розмноження тритони утворюють скупчення від 17 до 23 ос./100 м берегової лінії. Щільність популяцій в регіоні становить 10,4 ос./100 м.

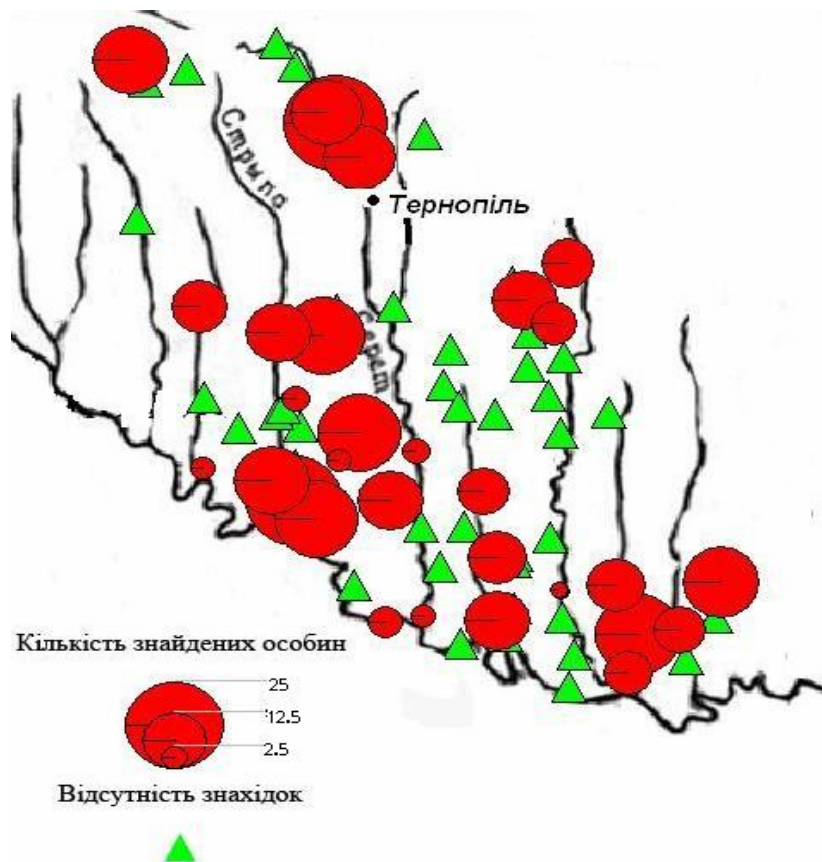


Рис. 1. Пункти знахідок і схема розподілу чисельності *Lissotriton vulgaris* на території дослідження.

Початок сезонної активності виду припадає на кінець березня – початок квітня. Поодинокі екземпляри даного виду спостерігали у водоймах 23.03.98 р. та 17.03.99 р., а 06.04.99 р. було знайдено вже масове скупчення (23 ос./100 м берегової лінії). Серед дорослих особин (n = 68) 58,8% складають самки.

Тритон гребенястий – *Triturus cristatus* (L., 1768). Поширення виду є майже рівномірним з областями підвищеної чисельності в напрямку південного сходу. В межах регіону виявлений в 23 пунктах (рис. 2).

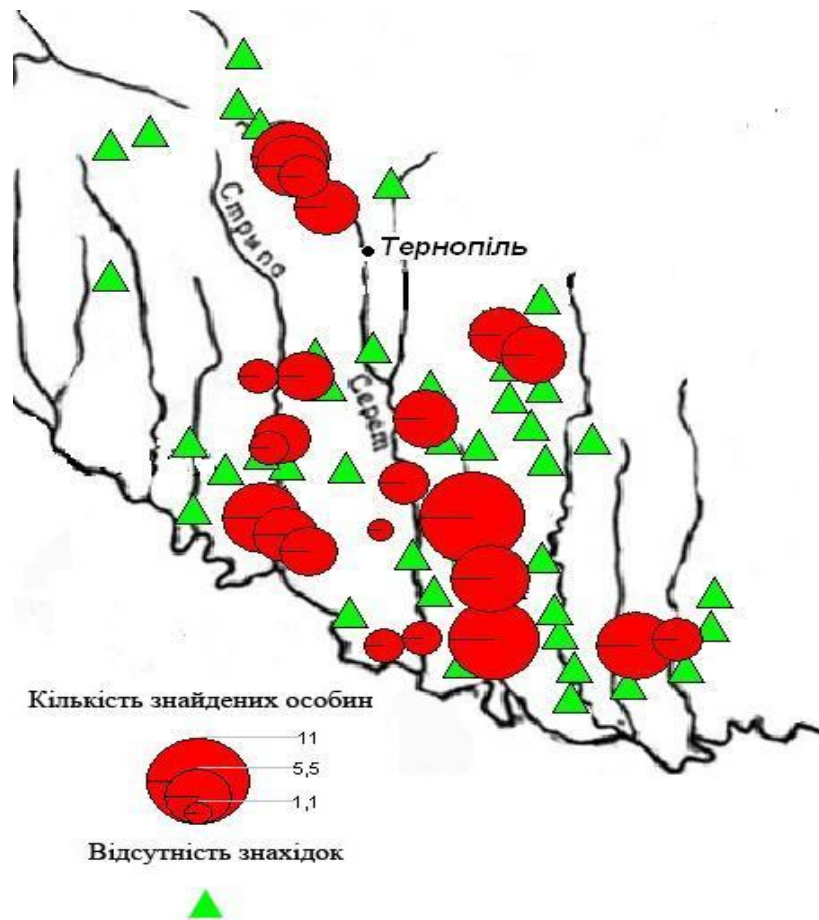


Рис. 2. Пункти знахідок і схема розподілу чисельності *Triturus cristatus* в регіоні дослідження.

Щільність популяцій в регіоні дослідження 1,1–5,5 ос./100 м у байрачних лісах і до 11 ос./ 100 м у заплавних дібровах та замулених луках. Низька чисельність відмічена для Зборівського, Козовського, Збараського районів Тернопільської обл. (1,1 ос./100 м), проте є місця, де чисельність його більш висока. Найбільша щільність популяцій спостерігається у Бучацькому, Заліщицькому, Кам’янець-Подільському р-нах. У лісосуагах, штучних деревних насадженнях та агроценозах тритони практично відсутні. В період розмноження найчастіше концентрується в природних ставках, які являють собою мілководні водойми, що утворилися в заплавах річок (Стрипи, Серету, Нічлави, Збруча). Щільність тут складає 4–7, місцями до 11 ос./100 м берегової лінії. Загальна щільність популяцій становить 4,7 ос./100 м маршруту.

Появу даного виду після зимової сплячки зафіксовано в різні роки: 23. 03. 1999 р.; 09. 03. 2000 р.; 18 .03. 2000 р.; 22.03.2003 р. На зимівлю йдуть в залежності від погодних умов у вересні – листопаді. У вибірці (n = 65) самки складають 55,4%.

Кумка червоночерева – *Bombina bombina* (L., 1761). Виявлена у всіх адміністративних районах регіону (рис. 3). Є одним із найчисельніших видів земноводних Західного Поділля. Вид не знайдений на луках, в лісових біотопах та урбоценозах.

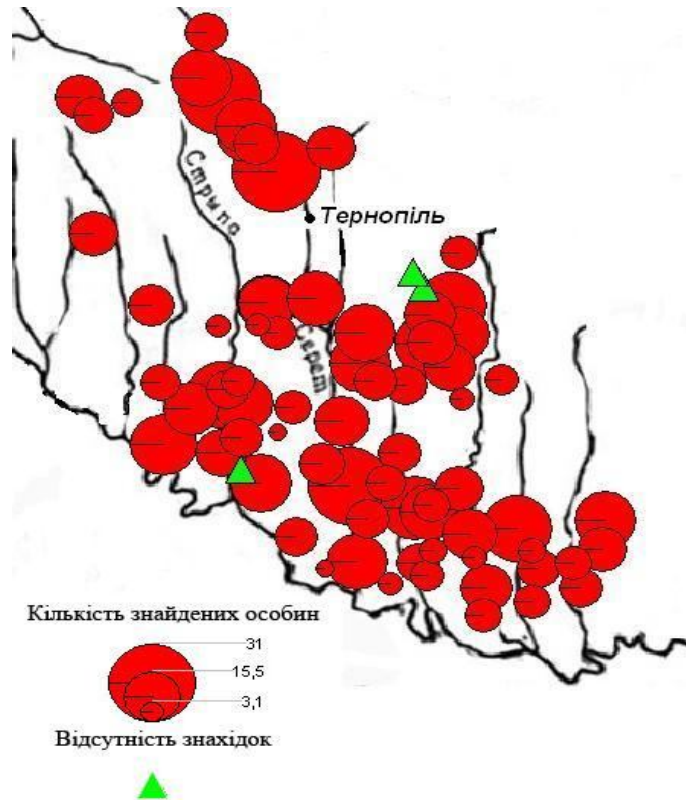


Рис. 3. Пункти знахідок і схема розподілу чисельності *Bombina bombina* на території дослідження.

Чисельність в умовах Західного Поділля коливається від низької (2–3 ос./100 м) на урбанізованих територіях, в калюжах, заболочених місцях до дуже високої (31 ос./100 м) у відкритих, добре прогрітих зарослих водоймах. Найбільша щільність спостерігається в Гусятинському, Заліщицькому, Борщівському, Терехівському та Бучацькому р-нах, де встановлено відповідно 17,3; 15,4; 11,0; 13,1; 10,1 ос./100 м берегової лінії. Для Зборівського, Підволочиського та Золочівського р-нів є найменшою – 3,1; 4,7; 7,2. Щільність популяцій кумки червоночеревої є досить значною і становить 11,3 ос./100 м.

Після зимівлі виявлена 27. 03. 1999 р. та 13. 03. 2002 р.; масовий вихід – 06.04. 2002 р. Шість самок, що були відловлені 20–22 квітня 2002 р. мали вже зрілу ікру. Пізньої весни 2008 р. пробудження спостерігали 14 квітня. Перші порції ікри виявлені 25. 04. 2002 р. Активні кумки протягом всього світлового дня та вночі. Весь період активності перебувають у водоймах, дуже рідко у прибережній зоні. У дослідженій вибірці (n = 77) самки склали 53,2%.

Чисельність виду по регіону, як і в загальному по Україні є достатньо високою, без тенденції до скорочення. Спеціальних заходів охорони не потребує.

Кумка жовточерева – *Bombina variegata* (L., 1758). Цей вид в регіоні має інвазійну природу. Його поява викликана паводками на Дністрі та його притоках, коли окремі особини течією зносяться з Карпат. Саме тому на території Західного Поділля виявлена лише в Західно-Подільському Придністров'ї, яке є очевидно північно-східною межею поширення виду (рис. 4.).

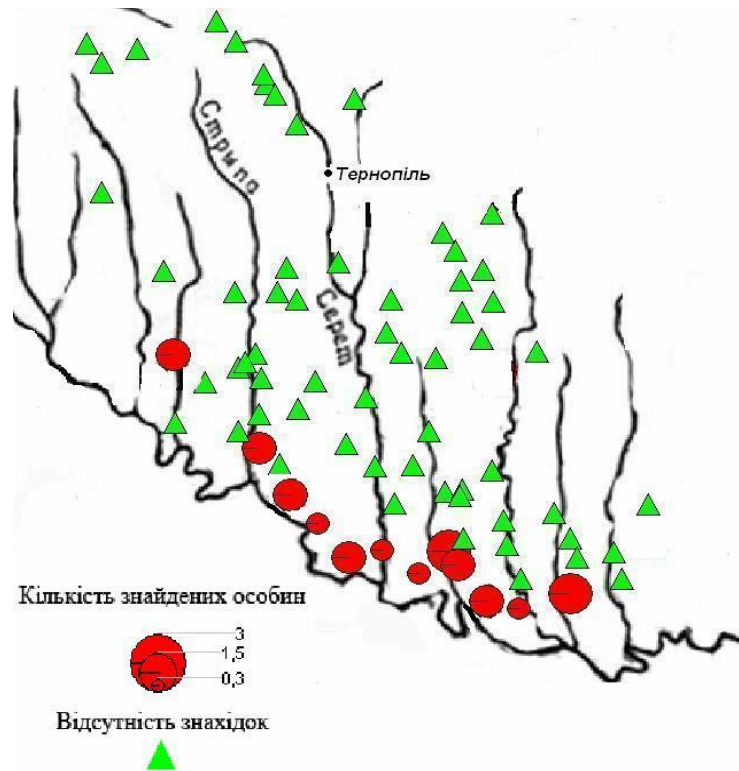


Рис. 4. Пункти знахідок і схема розподілу чисельності *Bombina variegata* на території дослідження.

Зустрічається спорадично і в незначних кількостях. Розподіл чисельності виду у регіоні нерівномірний. Найбільша щільність в типових біотопах складає 2–3 ос./100 м. Зокрема, у Борщівському р-ні вона коливається від 1,5 до 3 ос./100 м маршруту. Для Бучацького та Заліщицького р-нів знаходиться в межах 1,5–2 ос./100 м. Щільність популяції рівна 2,0 ос./100 м.

Перша поява жовточеревих кумок у водоймах відмічена 14. 04. 1999 р. при температурі води 10° С та 08. 04. 2001 р. при температурі води 12°. Початок зимівлі припадає на кінець вересня – початок жовтня. У вибірці (n = 26) знайдено 38,5 % самок.

Часничниця звичайна – *Pelobates fuscus* (L., 1768). В районі дослідження часничниця звичайна зустрічається спорадично і в

незначних кількостях. Приурочена до агроценозів, невеликих лісових острівців з прилягаючими до них водоймами (рис. 5).

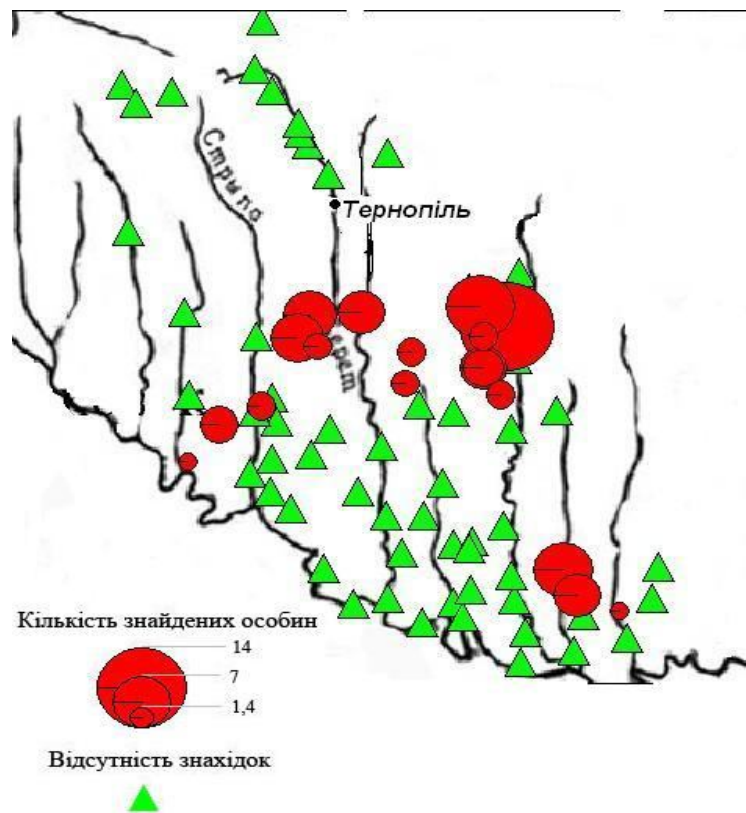


Рис. 5. Пункти знахідок і схема розподілу чисельності *Pelobates fuscus* на території дослідження.

Чисельність виду сильно змінюється в залежності від сезону, року і характеру біотопу. За результатами обліку встановлено, що в районі дослідження в період розмноження щільність поселень складає 7–14 ос./100 м. берегової лінії. Тоді як у Чортківському та Буцацькому р-нах в середньому – 1,4 ос./100 м. На орних ділянках в Кам'янець-Подільському р-ні – 1–4 ос./100 м. Загалом щільність популяцій в регіоні складає 3,84 ос./100 м. Максимальна концентрація зафіксована під час розмноження в травні 1999 р. у водоймах околиць с. Красне Гусятинського р-ну, де встановлено 14 ос./100 м на берегової лінії.

Весною поява зареєстрована 03. 04. 2004 р. при температурі води + 10,3°. Парування і відкладання ікри спостерігали 18. 04. 2005 р. при температурі води + 15°.

При аналізі морфометричних ознак двох статей виявлено наявність статевого диморфізму, який виражається у більш коротких і товстіших передпліччях, наявності великого овального мозоля та менших розмірах самців у порівнянні із самками. Самки у вибірці (n = 33) – 48,5 %.

Ропуха сіра – *Bufo bufo* (L., 1758). Зустрічається спорадично. Проте відмічена у всіх чотирьох фізико-географічних р-нах Західного Поділля. Здебільшого вид зазначений в лісових біоценозах, а також тісно пов’язаний з населеними пунктами, заселяє присадибні ділянки (рис. 6).

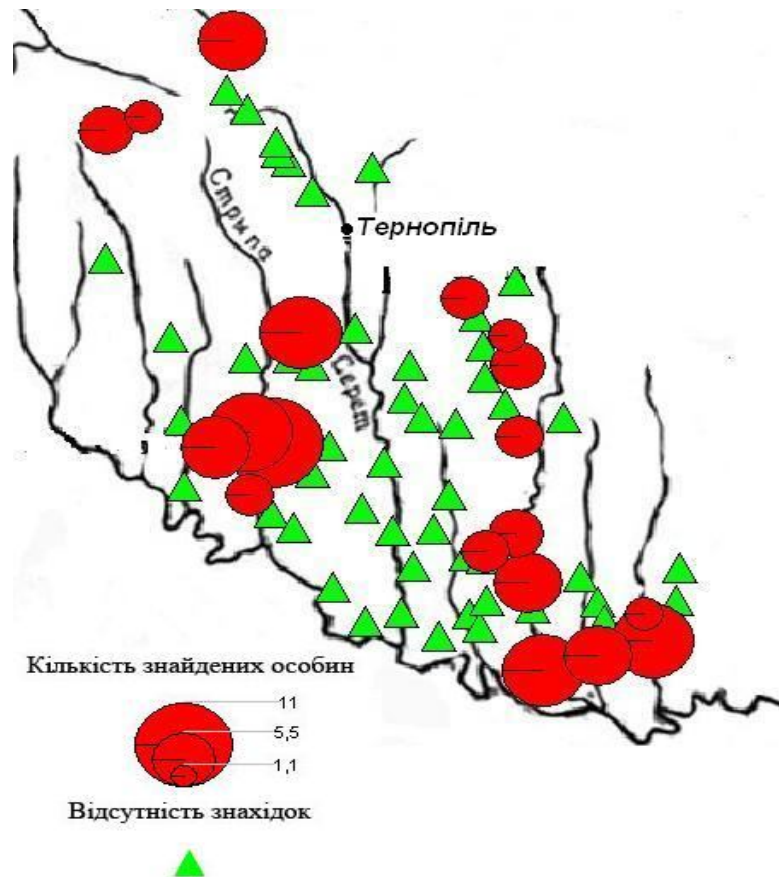


Рис. 6. Пункти знахідок і схема поширення знахідок *Bufo bufo* на території дослідження.

Найбільшої щільності (до 11 ос./100 м берегової лінії) досягає в період розмноження. Така кількість ропухи зареєстрована у водоймах околиць с. Трибухівці Бучацького р-ну та с. Оринин Кам’янець-Подільського р-ну. Щільність поселень виду – 5,1 ос./100 м.

Початок активності відмічено 29. 03. 1999 р. при температурі повітря + 8°, а також 03. 04. 2002 р., і 10.04.2007 р. у водоймах НПП “Подільські Товтри”. Першими у водоймах зустрічаються самці. У вибірці (n = 41) – 58,5 % самки.

Ропуха зелена – *Bufo viridis* (L., 1768). У регіоні дослідження вид зустрічається нерівномірно по всій території (рис. 7). Можна виділити кілька центрів концентрації виду: у Львівській обл. – масив Вороняки (околиці сіл Підлипці, Підкамінь та Вороняки), де щільність виду складає 5–9 ос./100 м берегової лінії; у Західно-Подільському Придністров’ї центрами підвищеної чисельності виду є Бучацький, Борщівський та

Кам'янець-Подільський р-ни, де чисельність становить 5–7 ос./100 м; у заповіднику “Медобори” (села Красне і Крутилів Гусятинського р-ну) щільність досягає 4–6 ос./100 м берегової лінії. Найнижчою є щільність поселень у Тербовлянському р-ні – 0,9–4,5 ос./100 м. Щільність виду – 4,3 ос./100 м і є значно нижчою у порівнянні із іншими даними по Україні [2, 3, 9].

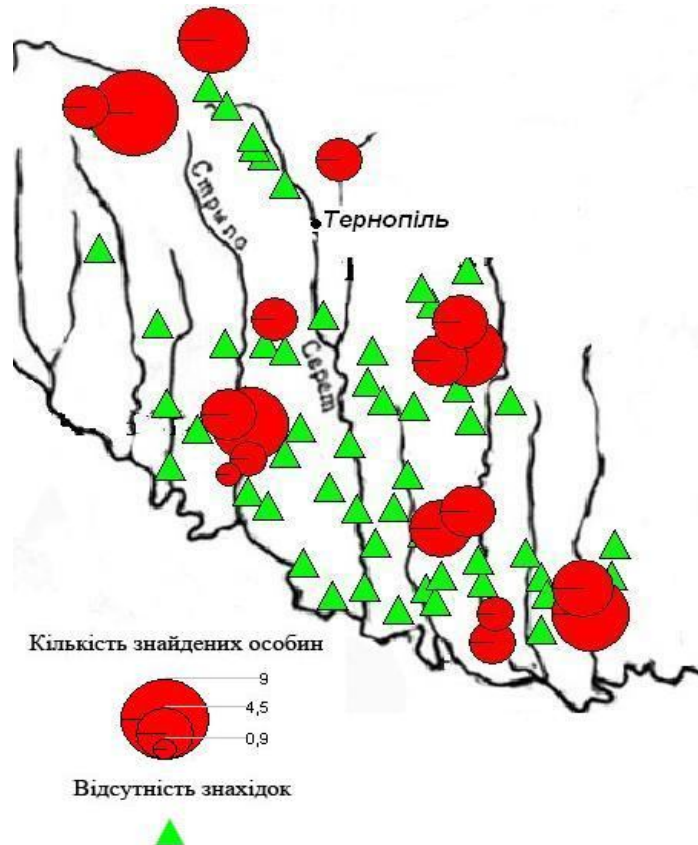


Рис 7. Пункти знахідок і схема розподілу чисельності *Bufo viridis* на території дослідження.

Весною у водоймах з’являється одночасно з ропухою сірою. Поодиноких особин даного виду спостерігали 29. 03. 2001 р. при температурі повітря + 9° при міграції їх до місць нересту. В затишні холодні весни 2008/09 рр. пробудження спостерігали в першій декаді квітня. Самки у вибірці (n = 57) складають 45,6%.

Квакша звичайна – *Hyla arborea* (L., 1758). Поширений та чисельний в регіоні вид. Виявлений у всіх фізико-географічних районах Західного Поділля (рис. 8). Найбільшої щільності (11–17 ос./100 м) вид досягає у весняний період у водоймах Золочівського і Бродівського р-нів Львівської обл., Кам’янець-Подільському р-ні Хмельницької обл., Борщівському, Гусятинському, Чортківському, Буцацькому, Тербовлянському р-нах Тернопільської обл. Найменша чисельність виду (1,7 ос./100 м) спостерігається в Козовському та Зборівському р-нах Тернопільської обл.,

що, очевидно, пов'язано із відсутністю найбільш типових біотопів та наявністю лук та пасовищ, де вид майже не зустрічався. Щільність поселень в регіоні складає 8,1 ос. /100 м.

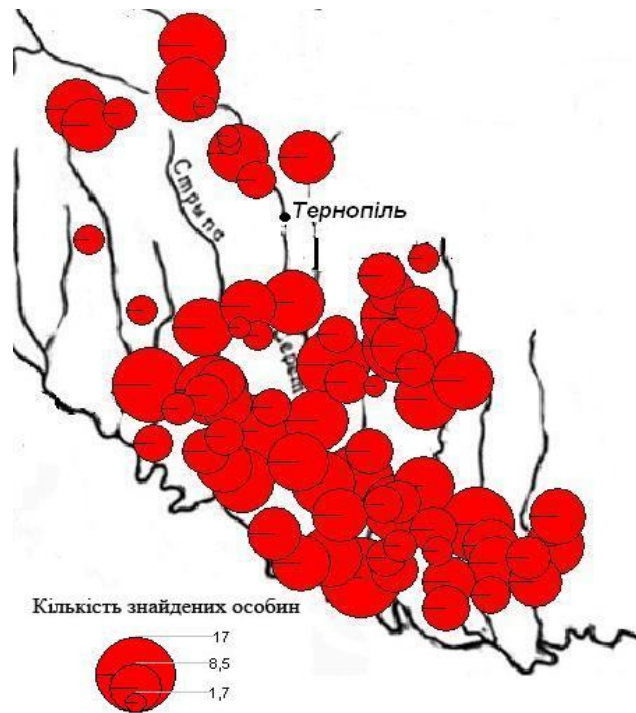


Рис 8. Пункти знахідок і схема розподілу чисельності *Hyla arborea* на території дослідження.

Зелені жаби – *Pelophylax esculentus* (Linnaeus, 1758) complex.

За результатами біохімічного генного маркування, проведеного за сукупністю біохімічних локусів особин зелених жаб, встановлено присутність в регіоні трьох форм зелених жаб: двох батьківських видів озерної *P. ridibundus* і ставкової *P. esculentus* жаб, а також досить численних гібридів *P. esculentus* × *P. ridibundus*.

Жаба озерна – *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771). Поширена у всіх річках та великих водоймам Західного Поділля. Виявлена у 73 пунктах (рис. 9). Є домінуючим видом амфібій досліджуваної території. Найвища чисельність у Зборівському, Козовському р-нах Тернопільської обл. та Золочівському р-ні Львівської обл. Щільність поселень виду складає 13,0 ос./100 м і є найвищою серед амфібій регіону без тенденції до скорочення. Відмічена в Теремовлянському, Чортківському, Гусятинському, та Борщівському р-нах, де щільність поселень складає 23–32 ос./100 м берегової лінії. Найменш чисельна жаба озерна – 4–9 ос./100 м у Збарзькому р-ні.

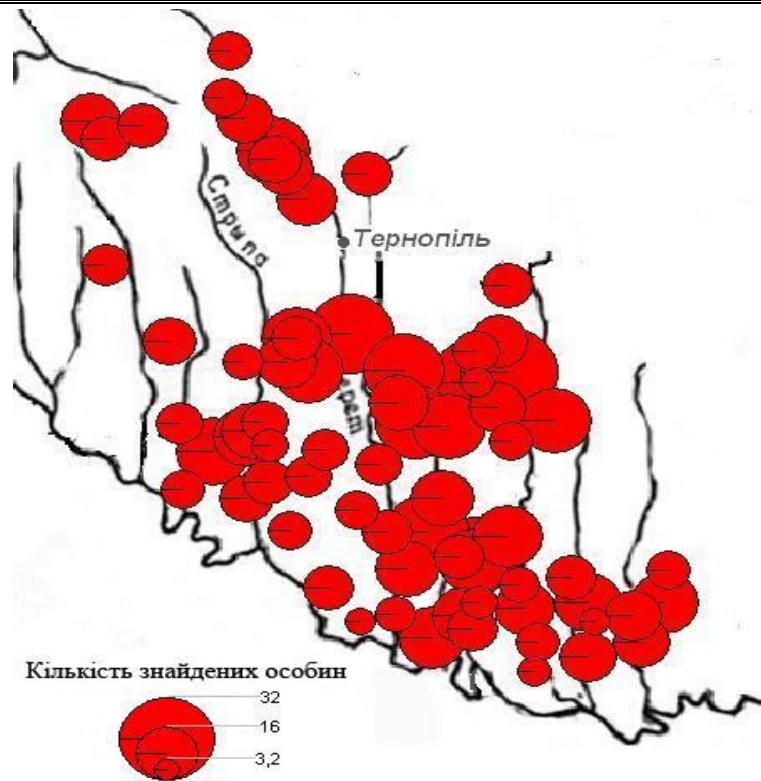


Рис. 9. Пункти знахідок і схема поширення *Pelophylax ridibundus* на території дослідження.

Ранньої весни 2001 р. початок активності припав на другу половині березня. На зимівлю озерні жаби ховаються на початку жовтня (восени 2007 року були активні ще 20–25 жовтня). Самки у вибірці (n = 73) – 62,5 %.

Жаба ставкова – *Pelophylax esculentus* (L. 1758) (= *lessonae*). Розподіл даного виду на території дослідження нерівномірний (рис. 10). Центри підвищеної чисельності: заповідник “Медобори”, (водойми Вікнянського лісництва) та Західно-Подільське Придністров’я (околиці с. Берем’яни), де щільність нерестових скупчень у весняний період становить 7–9 ос./100 м берегової лінії. Дещо менша чисельність виду в Кам’янець-Подільському р-ні (3–4,5 ос./100 м). Для водойм Зборівського та Борщівського р-нів щільність ставкової жаби – 1–2 ос./100 м. В загальному по регіону дослідження вона становить 2,56 ос./100 м берегової лінії, що значно менше чисельності виду на суміжних територіях [1, 5, 7].

Початок сезонної активності відзначили 09. 04. 1999 р. при міграції до ставу, та 12. 04. 2002 р. на заплавах ділянках р. Серет. Масову появу у місцях нересту спостерігали 28. 04. 2006 р.

Гібриди-алодиплоїди *Pelophylax ridibundus* – *esculentus*. Зустрічалися тільки у водоймах. Мають мозаїчний характер поширення (рис. 11). Найбільша щільність у Борщівському р-ні – 6–8 ос./100 м берегової лінії. Із вибірки (n = 17) зелених жаб цього району гібриди складають 52,9 %.

Дещо меншими виявились показники чисельності в поселеннях у Зборівському р-ні – 4–6 ос./100 м, у вибірці (n = 23), їх частка 34,8 %. Для Теремовлянського і Буцацького р-нів щільність ще нижча – 2–3 ос./100 м. Найменшою (0,8 ос./100 м) вона є у Чортківському та Гусятинському р-нах, де гібриди складають біля 6,2 % від загальної вибірки зелених жаб. Щільність у місцях поселень – 3,52 ос./100 м.

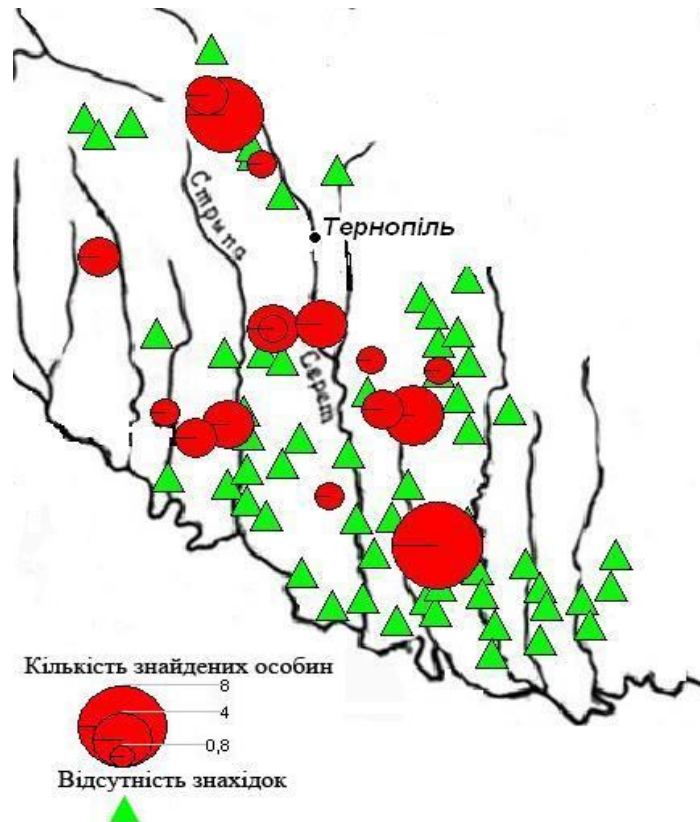


Рис. 10. Пункти знахідок і схема розподілу чисельності *Pelophylax esculentus* на території дослідження.

На відміну від батьківських видів, серед яких чітко домінували самки, співвідношення статей у гібридів однозначно зсунуто в бік самців, на яких приходится біля 93%.

Жаба гостроморда – *Rana arvalis* Nilsson, 1842. В районі дослідження поширена нерівномірно. Виявлена у 23 пунктах, які розташовані у всіх чотирьох фізико-географічних районах (рис. 12.). В період розмноження концентрується у водоймах різного типу, де щільність популяції більша порівняно із суходутними біотопами. Найвищою щільність є в Гусятинському (в межах заповідника “Медобори”) та Борщівському р-нах – 11–14 ос./100 м. Для популяцій Чортківського, Буцацького та Золочівського р-нів вона коливається в межах 8–10 ос./100 м. Нижчою вона є у Кам’янець-Подільському та Бродівському р-нах, де складає 5–7 ос./100 м маршруту. Найменша кількість особин відмічена у Збаразькому р-ні – 1,4–2 ос./100 м. Щільність поселень виду – 5,42 ос./100 м.

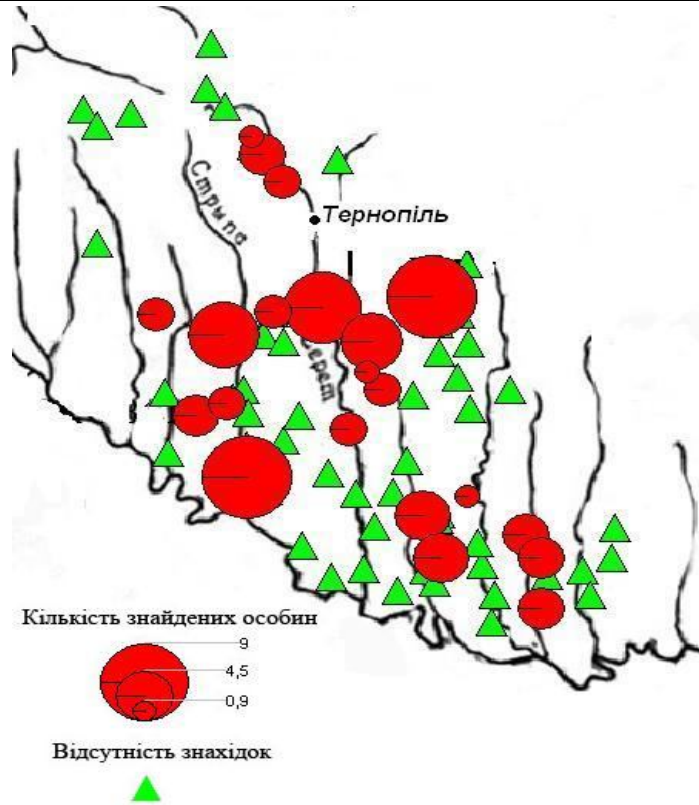


Рис. 11. Пункти знахідок і схема поширення *Pelophylax ridibundus - esculentus* на території дослідження

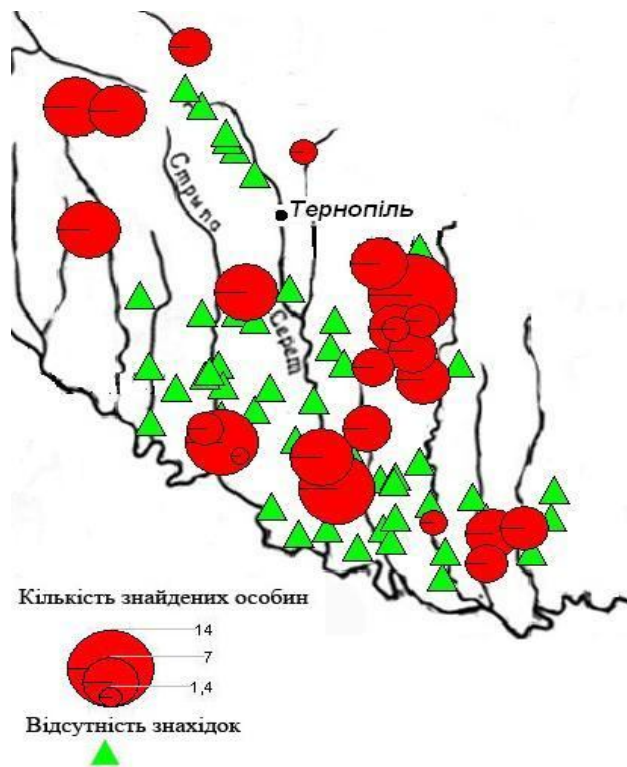


Рис. 12. Пункти знахідок і схема розподілу чисельності *Rana arvalis* на території дослідження.

Початок сезонної активності припадає на першу декаду квітня, зрідка спостерігається в кінці березня. У першій половині вересня особини вже концентруються в місцях зимівлі. Частка самок у вибірці (n = 36) – 52,8 %.

Жаба трав'яна – *Rana temporaria* (L., 1758). Виявлена у Кам'янець-Подільському р-ні Хмельницької обл., Борщівському, Бучацькому, Гусятинському, Заліщицькому і Збарзькому р-нах Тернопільської обл. та Бродівському і Золочівському р-нах Львівської обл. (рис. 13).

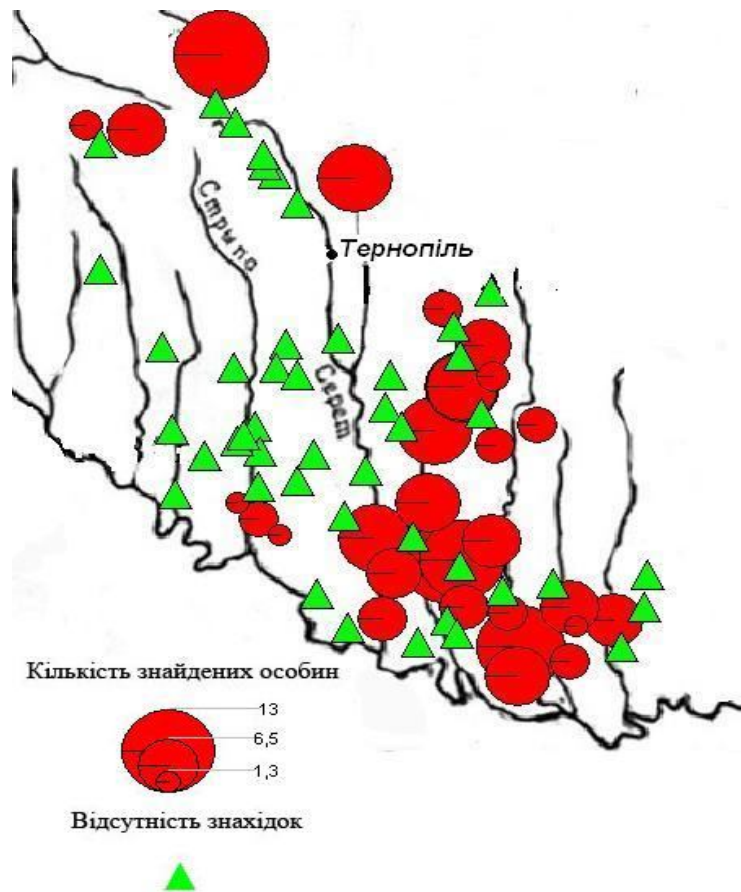


Рис. 13. Пункти знахідок і схема розподілу чисельності *Rana temporaria* на території дослідження.

Щільність популяцій нерівномірна: її показники значно вищі у південно-східній та північній частинах регіону. Найбільшої чисельності вид сягає у Бродівському р-ні, де щільність популяцій 12–13 ос./100 м. У Борщівському та Кам'янець-Подільському р-нах вона складає 6,5-13 ос./100 м. Для Заліщицького та Гусятинського р-нів щільність дорівнює 6,5–8 ос./100 м. У Бучацькому р-ні зафіксована найнижча чисельність 1,3–4 ос./100 м. В місцях поселень щільність трав'яної жаби складає 5,7 ос./100 м.

Після зимівлі першими з'являються самці. Активного дорослого самця спостерігали 29. 03. 2000 року на березі невеликого озера, а 04.04.2000 р. на заплавах виявлено шість молодих особин. На зимівлю

ховаються пізно – в кінці жовтня, інколи за сприятливих умов, у листопаді. У вибірці (n = 94) – самки 61,7 %.

Загальні тенденції поширення і розподілу чисельності амфібій в регіоні.

Аналізуючи розподіл та щільність амфібій по регіону дослідження, можна стверджувати, що чисельно амфібії тяжіють до двох зон (рис. 14), де найбільш зосереджений комплекс умов, завдяки яким популяції видів можуть стабільно існувати і бути чисельними. По-перше, це верхів'я Серету, де існує система ставків (північно-західна частина регіону Зборівський та Тернопільський р-ни Тернопільської обл.). По-друге, південний схід регіону – Західно-Подільське Придністров'я (переважно у Заліщицькому, Чортківському, Борщівському р-нах Тернопільської обл. та Кам'янець-Подільському р-ні Хмельницької обл.). Слід зазначити, що ці області з найвищою щільністю амфібій безпосередньо не співпадають з природоохоронними територіями, зокрема, заповідником “Медобори” і тільки частково співпадають з НПП „Подільські Товтри” (в межах межиріччя Смотрич – Мукша), де щільність популяцій є досить помірною. Області підвищеної щільності популяцій амфібій не співпадають також із межами НПП “Дністровський каньйон”.

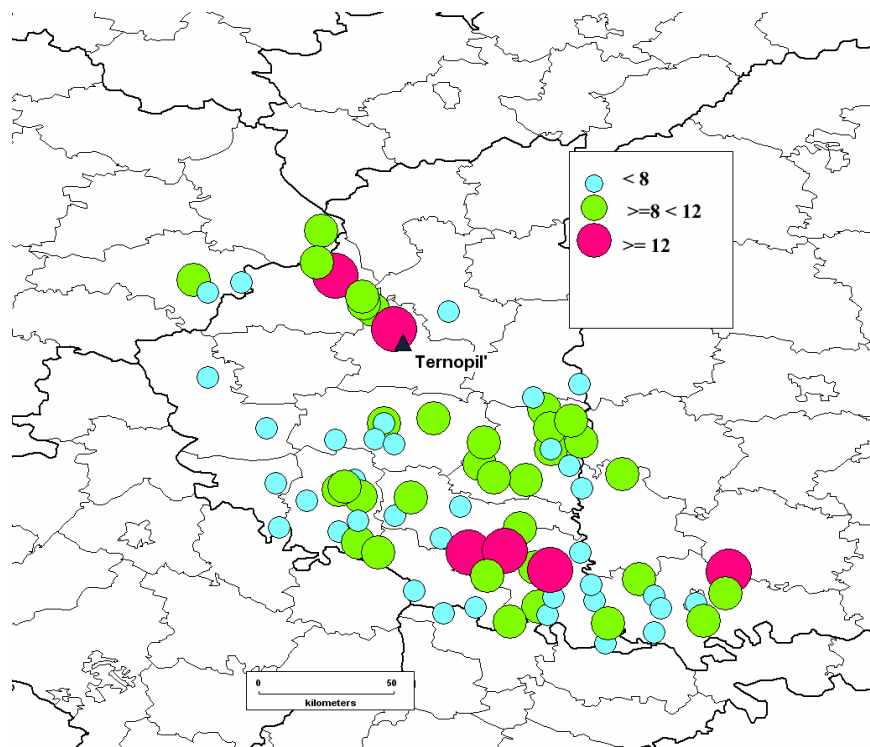


Рис. 14. Узагальнена щільність амфібій на території Західного Поділля.

Примітка. Умовними значками вказано на кількість особин будь-якого виду амфібій на облікову одиницю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барабаш О.В. Екологія земноводних та плазунів Опілля: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.16 «Екологія». – Чернівці, 2002. – 20 с.
2. Булахов В.Л., Гассо В.Я., Пахомов О.Є. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Земноводні та плазуни (*Amphibia et Reptilia*): монографія / За заг. ред. О. Є. Пахомова. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2007. – 420 с.
3. Гончаренко Г.Є. Земноводні Побужжя: монографія. – К.: Наук. світ, 2002. – 219 с.
4. Динесман Л.Г., Калецкая М.Л. Методы количественного учета амфибий и рептилий // Методы учета численности и географического распределения наземных позвоночных. – М.: Изд-во АН СССР. – 1952. – С. 329–341.
5. Заброда С.Н. Земноводные и пресмыкающиеся Центрального й Западного Полесья: автореф. дисс. ... канд. биол. наук.: спец. 03.00.08 «Зоология». – К., 1983. – 16 с.
6. Крулько Л.В. Амфібії заповідних екосистем Південно-Західних мегасхилів східних Карпат: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.16 «Екологія». – Чернівці, 2010. – 24 с.
7. Куртяк Ф.Ф. Амфібії рівнинного Закарпаття: стан фауни та аналіз проблемних груп: Дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.08 “Зоологія”. – К., 2004. – 180 с.
8. Кушнирук В.А. Земноводные западных областей Украины: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. спец. 097 «Зоология». – Черновцы, 1968. – 20 с.
9. Писанец Е.М. Амфибии Украины: справочник-определитель земноводных Украины и сопредельных территорий. – К., 2007. – 311 с.
10. Полушина Н.А., Кушнирук В.О. Матеріали до батрахофауни Львівської області // Вісник Львівського ун-ту. Серія біологічна. – 1962. – Вип. 1. – С. 127–141.
11. Полушина Н.А., Шайтан С.В. Земноводні та плазуни Львівського Розточчя // Вісник Львівського ун-ту. Серія біологічна. – Львів: Світ, 1999. – Вип. 21. – С. 86–91.
12. Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся / И. С. Даревский, Н. Н. Щербак, К. А. Татаринов [и др.]; отв. ред. Н. Н. Щербак. – К.: Киевская книжная типография научной книги, 1989. – 171 с.
13. Шайтан С.В. Особенности распространения и экологии земноводных и пресмыкающихся (*Amphibia, Reptilia*) Западной Лесостепи Украины // Вестник зоологи. – 1999. – 33 (4–5). – С. 95–98.
14. Щербак Н.Н., Щербань М.И. Земноводные и пресмыкающиеся Украинских Карпат. – К.: Наукова думка, 1980. – 264 с.
15. Щербак М.М. Кількісний облік земноводних та плазунів // Методичні рекомендації щодо проведення моніторингу біологічних об’єктів на заповідних територіях. – К., 1996. – С. 15–17.

Л. Ю. Соболєнко

ФАУНА ЗЕМНОВОДНИХ ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ

Ключевые слова: амфибии, Западное Подолье, численность, распространение.

Приводятся оригинальные данные по современному состоянию амфибий Западного Подолья. Обнаружено 12 видов амфибий и гибридная алодиплоидная форма (*Pelophylax esculentus – ridibundus*). Проведено изменение списка фауны региона, которое заключается в появлении нового для региона вида — *Bombina variegata*, что является следствием постоянных инвазий из Карпат по течению Днестра. Приводятся распространение и численность видов, рассматриваются биотопическая

приуроченность и аутоэкологические особенности. Численность амфибий в регионе довольно высокая. Они формируют агрегированные поселения, приуроченные к определенным биотопам. Обычными для региона видами, образующими популяции с высокой плотностью, оказались: *Pelophylax ridibundus*, *Hyla arborea*, *Bombina bombina*. Относительной редкостью и достаточно низкой плотностью популяций характеризовались: *Pelophylax esculentus*, *Pelophylax ridibundus – esculentus*, *Bufo bufo*, *B. viridis*, *Pelobates fuscus*, *Bombina variegata*.

L. Yu. Sobolenko

FAUNA OF AMPHIBIANS OF WESTERN PODILLIA

Keywords: *amphibians, West Podillia, population, distribution.*

Actual data on the current status of amphibians of Western Podillia were given. 12 species of amphibians and a hybrid allodiploid form (*Pelophylax esculentus - ridibundus*) were found out. Changing in the fauna list of the region was done. The reason of it was the appearance of species which was new for the region – *Bombina variegata*, which was a consequence of the constant invasions from the Carpathian Mountains down the stream of the river Dniester.

Distribution and population of the species were presented. Biotope confinedness and autecological peculiarities were considered. The population of amphibians in the region is rather high. They form the aggregate settlements confined to certain biotopes. Typical species for the region which form populations with a high density were: *Pelophylax ridibundus*, *Hyla arborea*, and *Bombina bombina*. Rather rare species and with a low density of population were such species as *Pelophylax esculentus*, *Pelophylax ridibundus - esculentus*, *Bufo bufo*, *B. viridis*, *Pelobates fuscus*, *Bombina variegata*.

УДК

Н. Tkachenko, N. Kurhaluk, A. Andriichuk

BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS AND ANTIOXIDANT DEFENSES IN THE BLOOD OF SEA TROUT (*SALMO TRUTTA M. TRUTTA L.*) AFFECTED BY ULCERATIVE DERMAL NECROSIS SYNDROM

Department of Animals Physiology, Department of Zoology,
Institute of Biology and Environment Protection, Pomeranian University,
76-200 Słupsk, Poland; e-mail: biology.apsl@gmail.com

Key words: *sea trout, Salmo trutta m. trutta L., ulcerative dermal necrosis syndrome, oxidative stress, antioxidant defense system.*

Skin ulcers on fish are one of the most well recognized indicators of polluted or otherwise stressed aquatic environments. In recent years, skin ulcer epidemics have been either experimentally or epidemiologically linked to exposure to a number of xenobiotic chemicals [29]. A lot of work was performed regarding skin ulcers in fish [10, 13, 25, 28, 29, 32, 33]. Aetiology of the outbreaks of skin ulcers remains unknown. There has been no conclusive evidence of the involvement of any particular organism as the primary pathogen [33]. It is suggested that the fungal infections are triggered by metabolites of the necrotic epidermal cells [14]. Skin samples were tested for standard virus isolation with negative results. Law (2001) suggests that skin ulcers in fish can have many different etiologies, including infectious agents, toxins, physical causes, immunologic causes, and nutritional and metabolic perturbations [25]. Ulcerative lesions are likely to be initiated by a series of factors that lead ultimately to a breach of the normal barrier function of the skin. Kane et al. (2000) reported that lesions in fish are associated with a variety of organisms including parasites and bacterial, viral, and fungal infectious agents. Trauma, suboptimal water quality, and other abiotic stress factors may result in the loss of homeostasis [13].

Patricia Noguera at “Workshop on salmonid skin diseases” gave a brief report about histological features of ulcerative dermal necrosis (UDN). Early lesions were described as thickening of epidermal cells with flattened upper surface, changes of nuclear morphology to karyolysis and pyknosis. Vesicle-like structures – due to the breakdown of the intercellular junctions – are leading to the separation of cells in the mid-layer [3]. The disease is characterized by an external, cotton-like appearance that radiates out in circular, crescent-shaped or whorled patterns with hemorrhagic necrotizing ulcers extending deep into the tissue. The initial signs of the disease are circles of pathologically-changed epidermis. Subsequently, the intercellular spaces dilate and communicate with

the exterior. Mycotic infection followed with subsequent invasion of the dermis and necrosis. Necrosis of the epidermal cells occurs simultaneously with fungal infections and marked responses of the melanophores [33]. The epidermal cells are shed and the fungus determines the further course of the disease which terminates in large ulcers covered with fungal hyphae [14]. UDN-like lesions affect of the head and dorsal areas, which within few days lead to a terminal fungal infection as the most obvious final observation before fish collapsed and died.

Řehulka (2002) obtained detailed information on the pathophysiological processes in the blood in cases of *Aeromonas*-induced UDN syndrome [32]. *Aeromonas* species as causative agents responsible for septicemia, local inflammations and necroses on the skin, muscles and soft tissues [32]. The development of the skin lesions started as depigmented spots surrounded by a hyperaemic zone with the formation of ulcers, or the changes on the skin resembled furunculosis, taking the form of very large prominent bulges filled with clear exudate which, when broken, revealed haemorrhagically altered muscle. Some fish in his study showed exophthalmus; inflammation around pectoral fins; hyperaemia of the wall of the swim-bladder and petechial haemorrhages on the liver were found inside the abdominal cavity [32].

The potential of oxygen free radicals and other reactive oxygen species (ROS) to damage tissues and cellular components, called oxidative stress, in biological systems has become a topic of significant interest for environmental toxicology studies. The balance between prooxidant and antioxidant defenses (enzymatic and nonenzymatic) in biological systems can be used to assess toxic effects under stressful environmental conditions [40]. The depletion of antioxidant defense system and the changes in the activities of various antioxidant enzymes indicative of lipid peroxidation have been implicated in oxidative tissue damage. UDN syndrome seems to be quite capable of causing oxidative stress in liver, muscle, spawn and heart of sea trout [17–24, 38].

Objective of the present study was to examine the responses of oxidative stress biomarkers in the blood of male and female sea trout from control (healthy specimens) and UDN-affected trout from Ślupia River (Northern Poland, Central Pomeranian region). Activities of antioxidant enzymes such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione reductase (GR), and glutathione peroxidase (GPx), ceruloplasmin (CP) level, and the total antioxidative capacity (TAC) were measured.

MATERIALS AND METHODS

Fish. Adult sea trout (*Salmo trutta m. trutta* L.), 3–5 years of age, were collected from site on the Ślupia river, Ślupsk, Northern Poland. Fish-catching took place in exact co-operation from Landscape Park “The valley of Ślupia” as well as the Board of Polish Angling Relationship in Ślupsk. Sea trout were

sampled from November to December, both in 2010 and 2011. Fig. 1 shows location of the river from which samples of sea trout were collected.

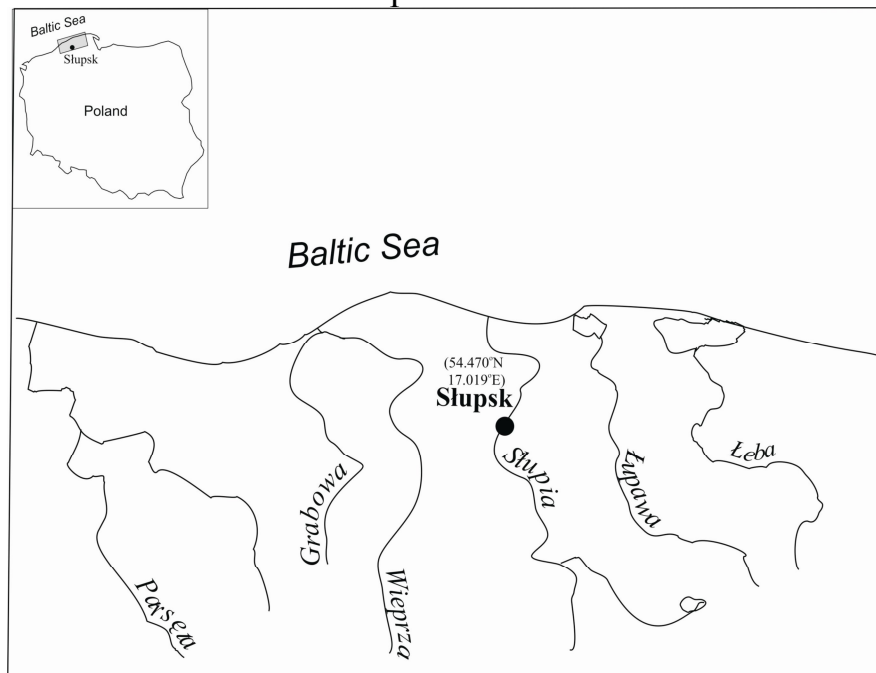


Fig. 1. Map of northern Poland. Marked is the Słupia river from which samples of sea trout were collected.

Sampling. The sampling for analysis from 27 healthy males and females (control group; Fig. 2A) as well as 26 males and females of sea trout affected by UDN syndrome (study group; Fig. 2B) was collected directly after catch. After catching, microbiological tests were carried out. These tests suggested that *Aeromonas hydrophila* complex caused UDN syndrome [37]. The pathogen was isolated from the infected sea trout.



Fig. 2. Specimens of healthy trout (A) and UDN-affected trout (B).

Treatment of samples. Specimens in each group were dissected. One fish was used for each preparation. Blood samples (mean volume 5 mL) was taken from the caudal vein and immediately centrifuged at 3,000g for 10 min. The plasma was removed; the erythrocytes were washed three times with five volumes of physiological saline solution and centrifuged at 3,000g for 5 min. Erythrocytes' washing was repeated three times.

Chemicals. Thiobarbituric acid (TBA), oxidized and reduced glutathione (GSSG and GSH), NADPH, 5,5-dithiobis-2-nitrobenzoic acid were purchased from Sigma. Ethylenediaminetetraacetic acid, trichloroacetic acid, quercetin, hydrogen peroxide, ammonium molybdate, sodium aside, t-butylhydroperoxide, Tween-80, urea, 2,4-dinitrophenyl hydrazine (DNFH) were obtained from Fluka. All other chemicals were of analytical grade.

Analytical methods.

All enzymatic assays were carried out at $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ using a spectrophotometer. The enzymatic reactions were started by the addition of the plasma or erythrocytes suspension, except for glutathione reductase (GR) and glutathione peroxidase (GPx) where hemolysate 1:20 was used. The specific assay conditions were as follows.

Superoxide dismutase (SOD, E.C. 1.15.1.1). SOD activity in the blood was measured spectrophotometrically by the Kostiuk et al. (1990) method using quercetin as a substrate after suitable dilution [16]. One activity unit was defined as the amount of enzyme necessary to produce a 50% inhibition of the quercetin (1.4 μM) reduction rates measured at 406 nm in 0 and 20th min. Activity is expressed in units of SOD per mL of blood.

Catalase (CAT, E.C. 1.11.1.6) assay. CAT activity was determined by measuring the decrease of H_2O_2 in the reaction mixture using a spectrophotometer at the wavelength of 410 nm by the method of Koroliuk et al. (1988) [15]. One unit of catalase activity is defined as the amount of enzyme required for decomposition of 1 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2/\text{min}$ per L of blood.

Glutathione reductase (GR, E.C. 1.6.4.2) assay. GR activity in the 1:20 hemolysate was assayed as described by Glatzle et al. (1974) by measuring the oxidation of NADPH at 340 nm [7]. The specific activity is expressed as $\mu\text{mol}/\text{min}$ per mL of blood.

Glutathione peroxidase (GPx, E.C. 1.11.1.9) assay. The activity of GPx in hemolysate was measured spectrophotometrically following the method of Moin (1986) [27]. The rate of GSH oxidation was followed spectrophotometrically at 412 nm. GPx activity was expressed as $\mu\text{mol}/\text{min}$ per mL of blood.

Ceruloplasmin (CP) level in the plasma was measured spectrophotometrically at the wavelength of 540 nm as described by Ravin (1961) [31]. CP content is expressed as mg per L of blood.

Total antioxidative capacity (TAC) assay. The TAC level in the blood was estimated spectrophotometrically at 532 nm following the method with ascorbate and ferric-induced Tween-80 oxidation to MDA formation [8]. TAC was expressed in %.

Lipid peroxidation level was determined by quantifying the concentration of TBARS, expressed as μmol of malondialdehyde (MDA) per L of blood, according to Kamyshnikov (2004) [12]. The μmol of MDA was calculated by

using $1.56 \cdot 10^5 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ as molar extinction coefficient and lipid peroxides level in the blood was expressed in μmol of MDA per L of blood.

Oxidative modified proteins (OMP) assay. The rate of protein oxidation was estimated from the reaction of the resultant carbonyl derivatives of amino acids with 2,4-dinitrophenyl hydrazine (DNPH) as described by Levine et al. (1990) [26] in modification by Dubinina et al. (1995) [6]. The carbonyl content was calculated from the absorbance measurement at 370 nm and 430 nm and an absorption coefficient $22,000 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Carbonyl groups were determined spectrophotometrically from absorbance at 370 nm (aldehyde derivates, OMP_{370}) and 430 nm (ketonic derivates, OMP_{430}), and expressed in nmol per mL of blood.

Statistical analysis. Results are expressed as mean \pm S.E.M. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test ($p > 0.05$). Significance of differences between the oxidative stress biomarkers contents and enzyme activities in the liver samples of sea trout (significance level, $p < 0.05$) was examined using Kruskal-Wallis one-way analysis of variance by ranks test. Correlations between parameters at the set significance level were evaluated using Spearman's correlation analysis [42]. All statistical calculation was performed on separate data from each individual with STATISTICA 8.0.

RESULTS

The values of lipid peroxidation for the males and females from control (healthy specimens) and UDN-affected trout are summarizing in Figure 1. TBARS levels of the plasma from trout infected by UDN syndrome was significantly higher than in the control group (healthy specimens), but no differences in erythrocytes lipid peroxidation levels between healthy and UDN-affected trout were found. UDN syndrome induced an increase of TBARS level in plasma of males (by 116%, $p = 0.003$) and females (by 164%, $p = 0.006$).

The effects of UDN infection on oxidatively modified proteins content, measured as carbonyl oxidation levels, in plasma are shown in Figure 2. UDN infection induced an increase in plasma carbonyl oxidation levels (aldehyde derivates) from males by 38% ($p = 0.000$) and by 47% ($p = 0.005$) from UDN-affected females. The carbonyl oxidation levels (ketonic derivates) in the plasma of males and females affected of UDN syndrome were significantly higher by 41% ($p = 0.000$) and by 49% ($p = 0.003$) than in values from control trout.

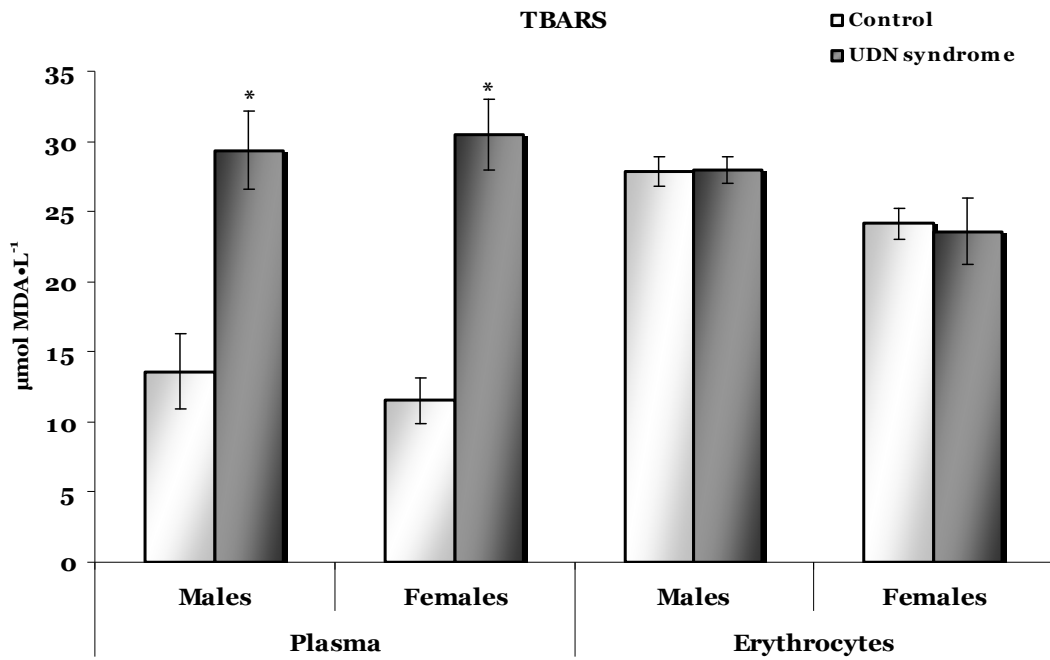


Fig. 1. TBARS levels ($\mu\text{mol MDA per L}$) in the plasma and erythrocytes from males and females of control (healthy specimens) and UDN-affected trout. Each value represents the mean \pm S.E.M.
 * The significant change was shown as $p < 0.05$ as compared to the control group values.

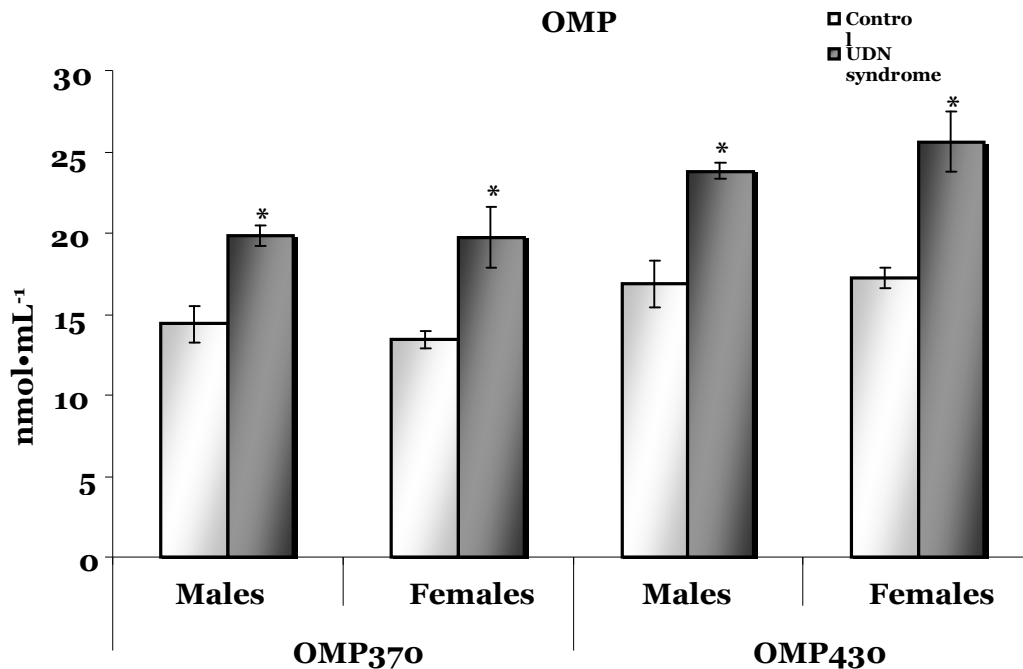


Fig. 2. Oxidatively modified proteins (OMP) content, measured by quantity of carbonyl oxidation (nmol per mL) in the plasma of males and females from control (healthy specimens) and UDN-affected trout.

Data are means \pm S.E.M.

* The significant change was shown as $p < 0.05$ as compared to the control group values.

Activities of the antioxidant enzymes are shown in Table 1. No significant changes in blood SOD activity were found as a consequence of UDN infection only in males. SOD activity in the blood of UDN-affected females was increased by 49% ($p = 0.014$) compared to healthy females. CAT activity was decreased by 11.3% ($p = 0.000$) in blood of UDN-affected males and by 18.8% ($p = 0.006$) from females as compared to controls. UDN infection non-significantly affected GR activity (Table 1), which was inhibited by 11% ($p > 0.05$) in the blood of males and by 22% ($p < 0.001$) in females. Regarding the GPx (table 1), its activity was significantly increased by 84% ($p = 0.018$) in the blood of UDN-affected females as compared to the controls. UDN infection also increased CP level by 71% ($p = 0.015$) in females as compared to the controls. Regarding the total antioxidative capacity (Fig. 3), the UDN infection significantly decreased erythrocytes' TAC level by 23% ($p = 0.002$) both in UDN-affected males and females (by 13%, $p = 0.038$) as compared to the controls. Plasma TAC level was increased by 58.5% ($p = 0.002$) and by 83.4% ($p = 0.038$) in UDN-affected males and females, respectively.

Table 1. Activities of antioxidant enzymes in the blood from males and females of sea trout (*Salmo trutta m. trutta* L.) affected by ulcerative dermal necrosis (UDN) syndrome

Antioxidant enzymes activities	Males		Females	
	Control	UDN syndrome	Control	UDN syndrome
SOD, U·mL ⁻¹	587.52 ± 58.26	619.66 ± 46.53	431.57 ± 29.94	642.77 ± 63.85 ^b
CAT, μmol·min ⁻¹ ·L ⁻¹	12.40 ± 0.13	11.01 ± 0.25 ^a	12.32 ± 0.18	10.01 ± 0.36 ^b
GR, nmol·min ⁻¹ ·mL ⁻¹	172.31 ± 16.28	153.57 ± 9.89	178.60 ± 17.82	138.87 ± 25.50
GPx, mmol·min ⁻¹ ·mL ⁻¹	2.89 ± 0.37	2.96 ± 0.31	1.91 ± 0.22	3.52 ± 0.39 ^b
CP, mg·L ⁻¹	21.80 ± 2.26	29.07 ± 3.39	19.41 ± 2.75	33.25 ± 5.85 ^b

^a difference is significant between control males and UDN-affected males ($p < 0.05$),

^b difference is significant between control females and UDN-affected females ($p < 0.05$).

Several correlations between checked parameters were found. Plasma OMP₄₃₀ level from UDN-affected males correlated positively with TBARS level both in plasma ($r = 0.444$, $p = 0.039$) and erythrocytes ($r = 0.597$, $p = 0.003$). Activities of some antioxidant enzymes (SOD and CAT) correlated with oxidatively modified proteins content in the plasma of males with UDN syndrome. CAT activity was connected inversely with GPx activity in the blood of UDN-affected males ($r = -0.649$, $p = 0.001$) and TAC ($r = -0.579$, $p = 0.005$). The relationships between blood SOD activity and both CAT activity ($r = -0.613$, $p = 0.012$) and TAC ($r = -0.537$, $p = 0.032$) were inverse (table 2).

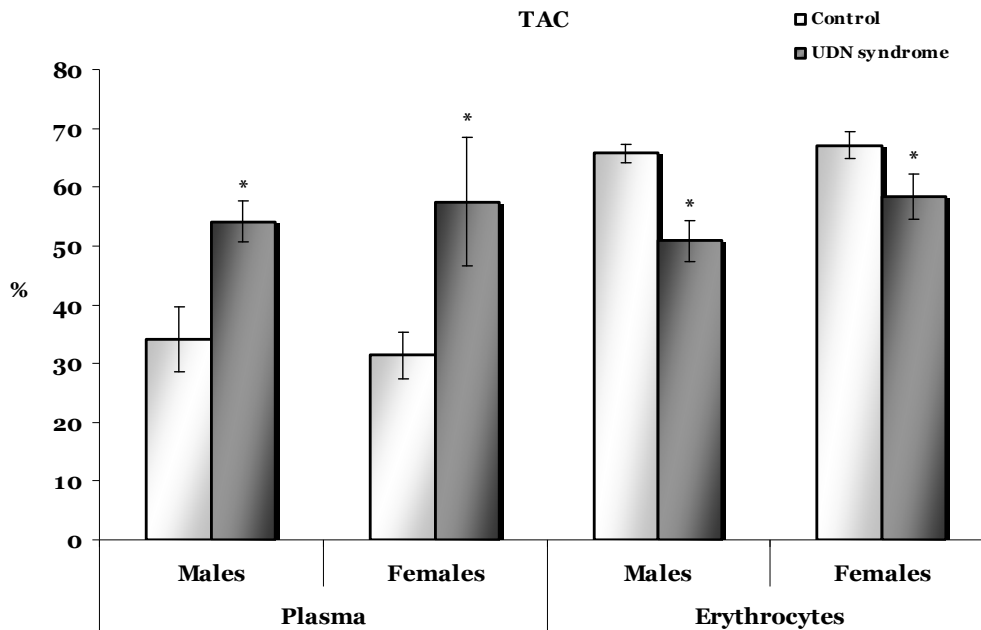


Fig. 3. The total antioxidative capacity (%) in the plasma and erythrocytes of males and females from control (healthy specimens) and UDN-affected trout. Data are means ± S.E.M.

* The significant change was shown as $p < 0.05$ as compared to the control values.

Table 2. Correlation analysis between oxidative stress biomarkers and antioxidative parameters in the blood from males and females of sea trout (*Salmo trutta m. trutta* L.) affected of ulcerative dermal necrosis (UDN) syndrome

Relation	Correlative coefficient, R	Significant difference level, p
Males		
TBARS (plasma)–OMP ₄₃₀ , control	0.611	0.046
GR–OMP ₃₇₀ , control	-0.626	0.040
TBARS (plasma)–OMP ₄₃₀ , UDN syndrome	0.444	0.039
TBARS (er.)–OMP ₄₃₀ , UDN syndrome	0.597	0.003
TBARS (er.)–SOD, UDN syndrome	0.487	0.021
TBARS (er.)–TAC (er.), UDN syndrome	0.434	0.044
OMP ₃₇₀ –CAT, UDN syndrome	-0.492	0.020
OMP ₃₇₀ – TAC (er.), UDN syndrome	0.496	0.019
OMP ₄₃₀ –SOD, UDN syndrome	0.457	0.033
TAC (er.)–SOD, UDN syndrome	0.464	0.029
CAT–GPx, UDN syndrome	0.649	0.001
CAT–TAC (er.), UDN syndrome	-0.579	0.005
Females		
SOD–CAT, control	-0.613	0.012
SOD–TAC (er.), control	-0.537	0.032
CAT–TAC (er.), control	0.862	0.000
GR–GPx, control	0.515	0.041
CP–TAC (plasma), control	0.589	0.016

DISCUSSION

This work focused on prooxidative changes and antioxidant enzymes activities in healthy and UDN-affected populations of sea trout. Lipid peroxidation and activities of antioxidant enzymes have been previously shown to vary considerably between fish species [1] and tissues [41]. Since all of the fishes in present study had been starved for equal time, the food deprivation effect is anticipated to be the same in all examined individuals. Sex is also a factor that might be important when measuring antioxidant enzymes and oxidative stress biomarkers. We did not find any differences between the sexes on antioxidant enzymes activities or in levels of protein modification, except in the erythrocytes' TBARS level ($p = 0.020$) and SOD activity ($p = 0.023$).

Certain conditions (such as disease, exposure to toxins, aging, exercise etc.) can increase the rate of oxidative damage, a condition called oxidative stress [30]. Oxidative stress has been defined as a disturbance in the balance between the production of reactive oxygen species (ROS), or free radicals and antioxidant defenses, which may lead to a series of biochemical and physiological changes, thus, altering normal body homeostasis and tissue injury [9]. The present study establishes that the blood of sea trout affected by UDN syndrome undergoes lipids and proteins oxidation due to the oxidizing effect of the ROS. Content of aldehydes, as end-products of lipid peroxidation assessed as TBARS, was increased in plasma both males and females (fig. 1). UDN syndrome induced the increase of TBARS levels only in the plasma. It appears that the UDN syndrome causes accumulation of end-product of lipid peroxidation in plasma of UDN-affected trout. Depletion of the cell antioxidant defense system was followed by the production of lipid and protein peroxidation products. The correlative relationships between oxidative stress biomarkers and activities of antioxidant enzymes also confirm this assumption (table 2). Lipid hydroperoxide levels also appeared as potential markers of oxidative stress induced by UDN syndrome. TBARS level confirmed that the lipid peroxidation of starts rapidly in females and increase progressively to its maximum level in the plasma (fig. 1).

Bagnyukova et al. (2006) suggest the increase of protein carbonyls level, a set of products of free radical modification of proteins under stressful conditions [2]. OMP levels have risen as a result of other kinds of stresses [36]. Accumulation of oxidized proteins has also been found during aging and in some disorders [35]. Our results suggest, for the first time, that oxidative stress in the blood of sea trout may be mediated by UDN syndrome. Moreover, these results complete of the previous work in our laboratory reporting an inhibition of antioxidant defence system and activation of oxidative stress in the liver, heart and muscle of sea trout with UDN syndrome [17–24, 38].

It can be seen from the results, that UDN syndrome has caused modification of antioxidant enzyme activities in the blood of sea trout. They included SOD, CAT, GPx activity, as well as TAC level (table 2, fig. 3). This

might be due to the modification of the above-mentioned enzymes by the end products of lipid and protein peroxidation. SOD, which occurs in animal cells both in the cytosol as a Cu/Zn enzyme and in the mitochondria as a Mn enzyme, may be of importance in preventing membrane lipid peroxidation when the latter is initiated by a combination of Fe^{3+} and O_2^- -generating system [4]. In our study, significant difference was observed in SOD activity of UDN-affected females. SOD is one of the several enzymatic systems often activated during oxidative stress and exposure to contaminants. The activation in SOD activity may result in cellular injury by superoxide radicals. This situation may reflect the positive correlation between SOD activity and TBARS level ($r = 0.487$, $p = 0.021$), as well as protein carbonyls level ($r = 0.457$, $p = 0.033$) in plasma of UDN-affected males (table 2). CAT, associated with other enzymatic antioxidants (peroxidases, SOD) is capable of removing, neutralizing, or scavenging ROS and is, with the GSH redox cycle, the primary cellular enzymatic defense system against hydrogen peroxide (H_2O_2), that it converts to H_2O and O_2 [5]. The decreased CAT activities indicate the reduced capacity to scavenge hydrogen peroxide produced in the erythrocytes in response to UDN-induced oxidative stress.

Glutathione-mediated antioxidant defense system appears to be important in protecting cells against UDN-induced oxidative stress. The most important antioxidant enzymes in connection with lipid peroxidation are glutathione peroxidase, reductase, and transferase [11]. Inactivation of lipid-derived hydroperoxides can be catalyzed by GSH-dependent selenoperoxidases or certain non-seleno-GSH-S-transferases. Two selenoperoxidases are known to exist in cells: classical GSH-peroxidase (GPx), which acts on relatively polar substrates, e.g., H_2O_2 or fatty acid hydroperoxides, and phospholipid hydroperoxide GSH-peroxidase [39]. Glutathione peroxidase is dependent on access to glutathione disulfide by the NADPH-dependent enzyme glutathione reductase. Activation of glutathione-mediated antioxidant defense system results in oxidative stress and increased cytotoxicity, whereas elevation of intracellular GSH levels is recognized as an adaptive response to oxidative stress [34]. The GPx and SOD activities were significantly increased in the blood of UDN-affected females. These results suggest that both the glutathione-mediated antioxidant defense system and endogenous SOD play a critical role in intracellular antioxidant defence against UDN-induced oxidative stress. The importance of the glutathione-mediated antioxidant defense system in protection against oxidative stress was also demonstrated in rainbow trout adrenocortical cells [5]. CP level are important in maintaining the antioxidant defense properties of the blood. UDN-induced oxidative stress can be prevented by the action of non-enzymatic antioxidants such as CP. Correlation between CP content and TAC level in the plasma of healthy trout suggest this mention. Increase of CP level correlated with activation of the total antioxidative capacity under UDN-induced oxidative stress.

In conclusion, in both males and females, oxidative stress biomarkers in the blood from UDN-affected trout showed higher values as compared to the respective control. UDN induced an increase of TBARS level only in the plasma. Moreover, the increased of lipid and protein peroxidation biomarkers modifies antioxidant defense system and caused inhibition of CAT activity and erythrocytes' TAC level. Increased GPx activity and CP are important antioxidants against UDN-induced oxidative stress. This study encourages efforts to extend the knowledge of oxidative stress biomarkers for the identification of *Aeromonas* induced disorders and specific responses of fish typical of the UDN syndrome.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was carried out during Anastasiia Andriichuk' Scholarship Program supported by The International Visegrad Fund in the Department of Animal Physiology, Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University (Slupsk, Poland). We thank to The International Visegrad Fund for the support of our study.

REFERENCES

1. Aknes A., Njaa L.R. Catalase, glutathione peroxidase and superoxide dismutase in different fish species // *Comp. Biochem. Physiol.* – 1981. – Vol. 69B. – P. 893–896.
2. Bagnyukova T.V., Chahrak O.I., Lushchak V.I. Coordinated response of goldfish antioxidant defenses to environmental stress // *Aquatic Toxicol.* – 2006. – Vol. 78. – P. 325–331.
3. Bruno D., Crumlish M., LaPatra S., Noguera P., Verner-Jeffreys D. Workshop on salmonid skin diseases. European Association of Fish Pathologists 13th International Conference on Fish and Shellfish Diseases, Grado, Italy, 18th September. – 2007. – P. 7–10.
4. Cadenas E., Hochstein P., Ernster L. Pro- and antioxidant functions of quinones and quinone reductases in mammalian cells // *Adv. Enzymol.* – 1992. – Vol. 65. – P. 97–146.
5. Dorval J., Hontela A. Role of glutathione redox cycle and catalase in defense against oxidative stress induced by endosulfan in adrenocortical cells of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Toxicol. Appl. Pharmacol.* – 2003. – Vol. 192. – P. 191–200.
6. Dubinina E.E., Burmistrov S.O., Khodov D.A., Porotov I.G. Oxidative modification of human serum proteins. A method of determining it // *Vopr. Med. Khim.* – 1995. – Vol. 41. – P. 24–26 (In Russian).
7. Glatzle D., Vuilleumier J.P., Weber F., Decker K. Glutathione reductase test with whole blood, a convenient procedure for the assessment of the riboflavin status in human // *Experientia.* – 1974. – Vol. 30. – P. 665–667.
8. Halaktionova L.P., Molchanov A.V., Elchaninova S.A., Varshavskiy B.Ya. The lipid peroxidation processes in patients with ulcerous illness of stomach and duodenum // *Clin. Lab. Diagnostics.* – 1998. – Vol. 6. – P. 10–14 (In Russian).
9. Halliwell B. Free radicals, antioxidants and human disease: Curiosity, cause or consequence. – *Lancet*, 1994. – Vol. 344. – P. 721–724.
10. Harikrishnan R., Balasundaram Ch., Moon Y.-G., Kim M.-Ch., Kim J.-S., Dharaneedharan S., Heo M.-S. Phytotherapy of ulcerative dermatitis induced by *Aeromonas hydrophila* infection in goldfish (*Carassius auratus*) // *Acta Vet. Hung.* – 2010. – Vol. 58. – P. 29–37.

11. Hayes J.D., McLellan L.I. Glutathione and glutathione-dependent enzymes represent a coordinately regulated defence against oxidative stress // *Free Rad.* – 1999. – Res., 31, P. 273–300.
12. Kamyshnikov V.S. Reference book on clinic and biochemical researches and laboratory diagnostics, MEDpress-uniform, Moscow. – 2004. – (In Russian).
13. Kane A.S., Dykstra M.J., Noga E.J., Reimschuessel R., Baya A., Driscoll C., Paerl H.W., Landsberg J. Etiologies, observations and reporting of estuarine finfish lesions // *Marine Environ. Res.* – 2000. – P. 473–477.
14. Khoo L. Fungal diseases in fish // *Sem. Avian Exotic Pet. Med.* – 2000 – Vol. 9. P. 102–111.
15. Koroliuk M.A., Ivanova L.I., Majorova I.G., Tokarev V.E. A method of determining catalase activity // *Lab. Delo.* – 1988. – Vol. 1. – P. 16–19 (In Russian).
16. Kostiuk V.A., Potapovich A.I., Kovaleva Zh.V. A simple and sensitive method of determination of superoxide dismutase activity based on the reaction of quercetin oxidation // *Vopr. Med. Khim.* – 1990 – Vol. 36 (2). – P. 88–91 (In Russian).
17. Kurhalyuk N., Tkachenko H. Induction of oxidative stress and antioxidant defenses in the liver of sea trout, *Salmo trutta* L., with ulcerative dermal necrosis // *Arch. Pol. Fish.* – 2011. – Vol. 19. – P. 229–240.
18. Kurhalyuk N., Pałczyńska K., Tkachenko H. Oxidative stress and antioxidant defenses in reproductive organs of brown trout (*Salmo trutta m. trutta* L.) affected by ulcerative dermal necrosis // 25th Congress of the Polish physiological society. September 15–17, 2011, Olsztyn, Poland / In: *J. Physiol. Pharmacol.* – 2011. – 62(Suppl. 1). – P. 147.
19. Kurhalyuk N., Pałczyńska K., Tkachenko H., Wnuk Lipińska P., Szornak M., Wnuk Lipiński M., Goryl P., Jurga J., Zawistowska M., Kopp-Ostrowski K., Romanowski M. Bilans aktywności enzymów antyoksydacyjnych u osobników troci wędrowej (*Salmo trutta m. trutta* L.) z wrzodziejącą martwicą skóry. (Balance of antioxidant defence system of brown trouts affected by ulcerative dermal necrosis) // In book: “Przeobrażenia i zmiany”. Pod red. R. Droby, W. Nowakowskiego, D. Uchmana, K. Starczewskiego. Nauki przyrodnicze, nauki ścisłe, wiedza interdyscyplinarna. – Siedlce: Wydawnictwo Akademii Podlaskiej. – 2010. – P. 97–107.
20. Kurhalyuk N., Tkachenko H., Pałczyńska K. Antioxidant enzymes profile in the brown trout (*Salmo trutta trutta*) with ulcerative dermal necrosis // *Bull. Vet. Inst. Puławy.* – 2009. – Vol. 53. – P. 813–818.
21. Kurhalyuk N., Tkachenko H., Pałczyńska K. Lipid peroxidation and antioxidant defense system in spawn of brown trout (*Salmo trutta m. trutta* L.) affected by ulcerative dermal necrosis // *Arch. Pol. Fish.* – 2010. – Vol. 18. – P. 115–122.
22. Kurhalyuk N., Tkachenko H., Pałczyńska K. Resistance of erythrocytes from brown trout (*Salmo trutta m. trutta* L.) affected by ulcerative dermal necrosis syndrome // *Pol. J. Vet. Sciences.* – 2011. – Vol. 14(3). – P. 443–448.
23. Kurhalyuk N., Tkachenko H., Pałczyńska K., Wysocka-Lipińska N. Wpływ wrzodziejącej martwicy skóry na bilans antyoksydacyjny ikry i mlecza troci wędrowej (*Salmo trutta m. trutta* L.) z dorzecza Słupia w okresie tarła. (The influence of ulcerative dermal necrosis on antioxidant defence system of spawn and milt of brown trout (*Salmo trutta m. trutta* L.) from basin of river Słupia during spawning) // *Słupskie Prace Biologiczne.* – 2011. – Vol. 8. – P. 73–88.

24. Kurhalyuk N., Tkachenko H., Szornak M., Kamiński P. Ekofizjologiczne zależności parametrów bilansu antyoksydacyjnego u troci wędrowej (*Salmo trutta m. trutta L.*) z wrzodzącą martwicą skóry. In book: "Globalizacja a problematyka ochrony środowiska", red. T. Nocha, A. Wesołowskiej. – Gdańsk: Wydawnictwo Gdańskiej Wyższej Szkoły Administracji. – 2010. – P. 418–433.
25. Law M. Differential diagnosis of ulcerative lesions in fish. *Environ. Health Perspect.* – 2001. – Vol. 109 (5). – P. 681–686.
26. Levine R. L., Garland D., Oliver C. N., Amici A., Climent I., Lenz A.-G., Ahn B.-W., Shaltiel S., Stadtman E. R. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins // *Methods Enzymol.* – 1990. – Vol. 186. – P. 465–478.
27. Moin V.M. A simple and specific method for determining glutathione peroxidase activity in erythrocytes. *Lab. Delo.* – 1986. – Vol. 12. – P. 724–727 (In Russian).
28. Munro A.L.S. Ulcerative dermal necrosis, a disease of migratory salmonid fishes in the rivers of the British Isles // *Biol. Conserv.* – 1970. – Vol. 2. – P. 129–132.
29. Noga E.J. Skin ulcers in fish: Pfiesteria and other etiologies // *Toxicol. Pathol.* – 2000. – Vol. 28(6). – P. 807–823.
30. Pryor W.A. Oxy-radicals and related species: their formation, lifetimes and reactions. *Annu. Rev. Physiol.* – 1986. – Vol. 48. – P. 657–667.
31. Ravin H.A. An improved colorimetric enzymatic assay of ceruloplasmin // *J. Lab. Clin. Med.* – 1961. – Vol. 58. – P. 161–168.
32. Řehulka J. *Aeromonas* causes severe skin lesions in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): clinical pathology, haematology and biochemistry // *Acta Vet. Brno.* – 2002. – Vol. 71. – P. 351–360.
33. Roberts R.J. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids // *Fish Res.* – 1993. – Vol. 17. – P. 3–14.
34. Sagara Y., Dargusch R., Chambers D., Davis J., Schubert D., Maher P. Cellular mechanisms of resistance to chronic oxidative stress // *Free Radic. Biol. Med.* – 1998. – Vol. 24. – P. 1375–1389.
35. Sohal R.S. Role of oxidative stress and protein oxidation in the aging process. *Free Radic. Biol. Med.* – 2002. – Vol. 33. – P. 37–44.
36. Stadtman E.R., Levine R.L. Protein oxidation // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* – 2000. – Vol. 899. – P. 191–208.
37. Szewczyk E.: *Bacteriological diagnostic* // Warszawa, PWN (In Polish). – 2005.
38. Tkachenko H., Kurhalyuk N., Pałczyńska K. Responses of antioxidant status in the gills of brown trout (*Salmo trutta m. trutta L.*) // *J. Ecol. Prot. Coastline.* – 2011. – Vol. 15. – P. 149–162.
39. Ursini F., Bindoli A. The role of selenium peroxidases in the protection against oxidative damage of membranes. *Chem. Phys. Lipids.* – 1987. – Vol. 44. – P. 255–276.
40. Valavanidis A., Vlahogianni T., Dassenakis M., Scoullou M. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* – 2006. – Vol. 64. – P. 178–189.
41. Wdzieczak J., Zalesna G., Wujec E., Peres G. Comparative studies on superoxide dismutase, catalase and peroxidase levels in erythrocytes and livers of different freshwater and marine fish species // *Comp. Biochem. Physiol. B.* – 1982. – Vol. 73. – P. 361–365.
42. Zar J.H. *Biostatistical Analysis*. 4th ed., Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. – 1999.

H. Tkachenko, N. Kurhaluk, A. Andriichuk
BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS AND ANTIOXIDANT
DEFENSES IN THE BLOOD OF SEA TROUT (*SALMO TRUTTA* M.
***TRUTTA* L.) AFFECTED BY ULCERATIVE DERMAL NECROSIS**
SYNDROM

Key words: *sea trout, Salmo trutta m. trutta L., ulcerative dermal necrosis syndrome, oxidative stress, antioxidant defense system.*

Antioxidant defense system (activities of superoxide dismutase, catalase, glutathione reductase, and glutathione peroxidase, ceruloplasmin content, total antioxidative capacity), and oxidative stress biomarkers were determined in the blood of sea trout (*Salmo trutta m. trutta* L.) affected by ulcerative dermal necrosis (UDN) syndrome. In both males and females, lipid and protein oxidation in the blood from UDN-affected trout showed higher values as compared to the respective healthy specimens. The UDN syndrome induced an increase of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) levels only in the plasma and decrease in blood catalase activity. Both the glutathione-mediated antioxidant defense system and endogenous SOD play a critical role in intracellular antioxidant defense against UDN-induced oxidative stress. This study encourages efforts to extend the knowledge of oxidative stress biomarkers for the identification of *Aeromonas* induced disorders and specific responses of fish typical of the UDN syndrome.

УДК 595.764

Л. М. Хлус, В. К. Хлус

**МОРФОМЕТРИЧНА СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЙ *MELOLONTHA*
MELOLONTHA L. (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) В РОКИ
МАСОВОГО РОЗМНОЖЕННЯ**

Черновецький національний університет ім. Ю. Федьковича, г. Черновці,
e-mail: khlus_k@rambler.ru

Ключові слова: морфометрична структура, внутрішньопопуляційна та міжпопуляційна мінливість, *Melolontha melolontha* L.

Ступінь внутрішньопопуляційної та внутрішньовидової мінливості є специфічною характеристикою як різних організмів, так і певних груп ознак, і привертає увагу багатьох дослідників. Розміри тіла комах жорстко контролюються доборою і в кожній популяції складається специфічний коадаптований комплекс генів, відповідальних за ознаки розмірів, який може зрушуватися при змішуванні двох різних популяційних систем внаслідок схрещування їх представників. Вважається, що абсолютні розміри тіла комах та розмах їх мінливості як у суміжних, так і у віддалених популяціях у різні роки можуть змінюватися, але питання збереження сталості морфометричної структури популяцій жуків, зокрема, скарабеїд, досі не вивчене. З огляду на це, ми проаналізували особливості морфометричної структури локальних популяцій західного травневого хруща *Melolontha melolontha* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Scarabaeidae) з чотирьох фізико-географічних районів (ФГР), розміщених у двох фізико-географічних областях зони широколистяних лісів та ще одній – в межах Українських Карпат в роки масового розмноження.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА

Характеристика матеріалу наведена у табл. 1. Притримувалися схеми фізико-географічного районування України за [3], а для території Чернівецької обл. – за [4].

В усіх тварин за розробленою нами схемою (рис. 1) електронним штангенциркулем з точністю до 0,01 см вимірювали 11 морфометричних параметрів: загальну довжину тіла (ДТ), довжину голови (ДГ), передньоспинки (ДПс) та надкрил (ДНкр); ширину голови (ШГ), передньоспинки в найширшому місці (ШПр1) та біля основи (ШПр2), надкрил між плечовими горбками (ШНкр1) та у найширшому місці (ШНкр2); довжину (ДЩ) та ширину (ШЩ) щитка; розраховували індекси відношень метричних ознак. Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали загальноживаними методами дескриптивної статистики [2].

Таблиця 1. Характеристика тваринного матеріалу

№	Місце збору	Час збору	Об'єм вибірки
Прут-Сіретська підвищена погорбована лісо-лучна область			
Черемоський терасований горбисто-грядовий лісо-лучний ФГР			
1	м. Вашківці Вижницького р-ну Чернівецької обл. (48°22'31" N, 25°29'52" E)	травень 2008 р.	146 ос.
Прут-Дністровська підвищена рівнинна лісостепова область			
Кельменецький горбисто-товтровий степовий ФГР			
2	с. Макарівка Кельменецького р-ну Чернівецької обл. (48°34'29" N, 26°44'29" E)	травень 2002 р.	191 ос.
Сокирянський вододільний ступінчасто-терасовий лісостеповий ФГР			
3	с. Сербичани Сокирянського р-ну Чернівецької обл. (48°29'45" N, 27°17'18" E)	травень 2003 р.	26 ос.
4	м. Новодністровськ Чернівецької обл. (48°34'40" N, 27°26'29" E)	травень 2003 р.	112 ос.
Середньоподільська височинна область			
Верхньоушицький (Подільський лісостеповий) ФГР			
5	сmt Вільківці Хмельницької обл. (49°01'59" N, 27°14'01" E)	травень 2008 р.	61 ос.
Разом			536 ос.

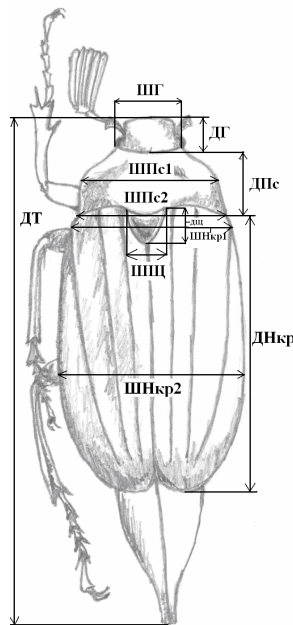


Рис 1. Схема промірів *Melolontha melolontha* L.

ДГ – довжина голови, ШГ – ширина голови, ДПс – довжина передньоспинки, ШПс1 – ширина передньоспинки в найширшому місці, ШПс2 – ширина передньоспинки біля основи, ДНкр – довжина надкрил, ШНкр1 – ширина надкрил між плечовими горбками, ШНкр2 – ширина надкрил в найширшому місці, ДЩ – довжина щитка, ШЩ – ширина щитка, ДТ – довжина тіла

Кластерний аналіз здійснювали за допомогою прикладної програми Statistica 6.0 [1]. Мірою відстані були евклідові одиниці.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Виявлені значущі відмінності між досліджуваними популяціями за основними габітуальними розмірами, зокрема розмірами голови, довжиною тіла та елітр: найменшими виявилися хрущі з Макарівки, найбільшими – з Сербинчан (вони ж характеризуються й найдовшими надкрилами) та Вінківців (рис. 2). Усі популяції розрізняються за загальними пропорціями голови та передньоспинки, а хрущі з Макарівки відрізняються від жуків з інших досліджуваних місцеіснувань також за основними габітуальними пропорціями (часткою голови, передньоспинки та елітр у загальних розмірах тіла) (рис. 3). Зокрема, жуки з Макарівки характеризуються наявністю круглої голови, відносно довгих, вузьких елітр та ширшої біля основи передньоспинки. Водночас, у досліджуваних популяцій хрущів був відсутній клинальний характер мінливості, тобто однонаправлених змін розмірних показників та/або пропорцій тіла в градієнті клімато-географічних умов існування популяцій хрущів не прослідковується. Так, за збільшенням розмірів голови хрущі утворюють такий розмірний ряд:

Макарівка < Новодністровськ ~ Вінківці < Сербинчани ~ Вашківці
За довжиною елітр:

Вінківці < Новодністровськ < Вашківці = Макарівка < Сербинчани
За довжиною тіла:

Макарівка < Вашківці ~ Новодністровськ < Вінківці ~ Сербинчани
За відносною довжиною передньоспинки (рис. 3):

Макарівка > Вашківці > Новодністровськ > Вінківці ~ Сербинчани
За відносною довжиною надкрил (рис. 3):

Макарівка > Вашківці ~ Новодністровськ > Вінківці ~ Сербинчани

Варіабельність лінійних параметрів та розрахункових індексів не перевищує 20 %. Отримані результати підтверджують висловлене Ю.І. Новоженовим (1978) при дослідженні вікаруючого виду – *M. hippocastani* F. припущення про існування на суцільному видовому ареалі окремих саморегульованих популяцій, відмінних за загальним фенотиповим виглядом, межі між якими добре виражені навіть за відсутності географічних ізолюючих бар'єрів [5].

З метою виявлення стійких відмінностей за розмірними характеристиками по всьому комплексу кількісних показників тварин з п'яти різних популяцій було проведено лінійний дискримінантний аналіз. Значення R_{Rao} – трансформованого багатомірного аналога F-критерію ($R_{Rao} = 11,5$, $p \ll 0,001$), продемонструвало високу значущість впливу незалежної перемінної на стійкість міжпопуляційних відмінностей.

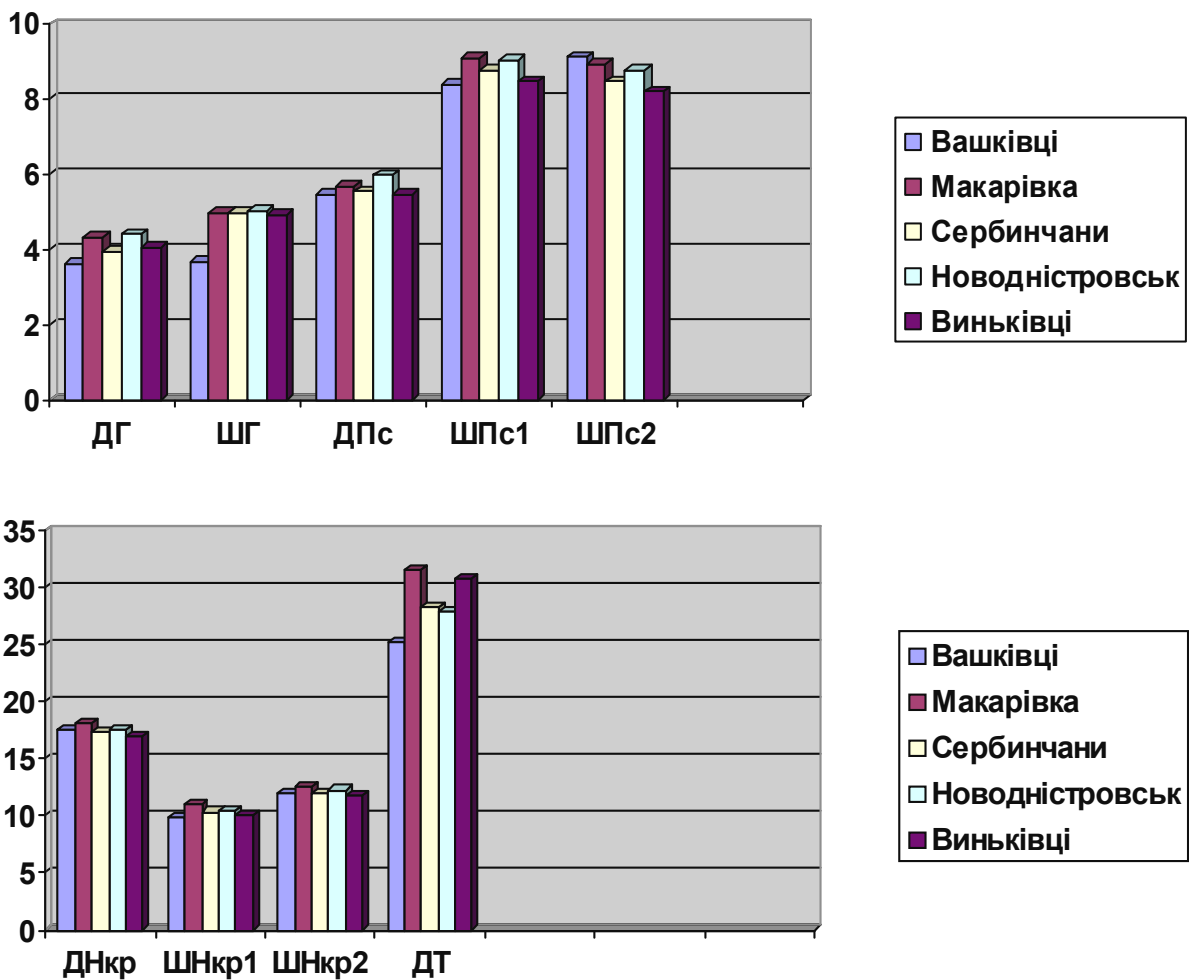


Рис. 2. Морфометричні параметри популяцій *Melolontha melolontha* L.

В ході аналізу було визначено 4 дискримінантних функції, що мають вірогідну значущість. Значення λ Уїлкса для всіх функцій коливалися в межах 0,002–0,938, що свідчить про хороший рівень дискримінації (досліджені групування достатньо гетерогенні й ознаки, що дають максимальний внесок у розділення об’єктів, визначені), а значення коефіцієнту канонічної кореляції r , навпаки, знижувалось від 0,99 у першій функції до 0,24 – у п’ятій. Усі визначені функції володіють достатньою дискримінуючою здатністю.

У відповідності зі значеннями групових середніх (табл. 2), вони послідовно виділяють: 1-ша функція – популяцію з Макарівки з усієї сукупності об’єктів ($R_{1\text{Макарівка}} = 21,5995$; максимальне значення F1), 2-га функція – популяції з Виньківців, Сербинчан та Вашківців ($R_{2\text{Виньковці}} = 1,87$; $R_{2\text{Сербинчани}} = 1,11$ та $R_{2\text{Вашківці}} = 1,07$ відповідно). 3-тя функція виділяє популяції з Новодністровська та Сербинчан ($R_{3\text{Новодністровськ}} = -1,77$, $R_{3\text{Сербинчани}} = 1,79$), 4-та функція також виділяє сербинчанську популяцію ($R_{4\text{Сербинчани}} = 0,94$).

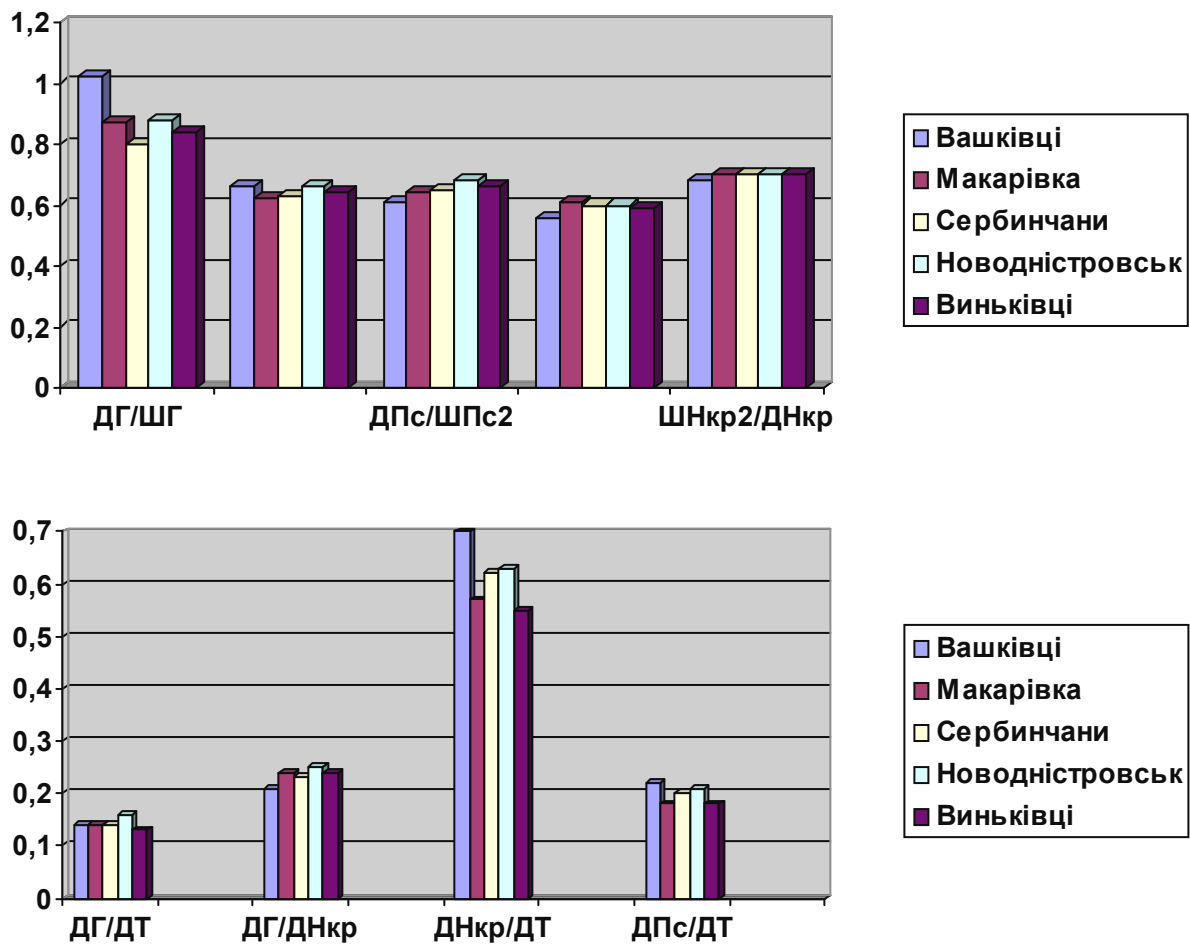


Рис. 3. Пропорції тіла та його окремих частин *Melolontha melolontha* L. з різних популяцій.

Як видно з табл. 3, найбільший внесок у 1-шу дискримінуючу функцію вносять ознаки ШЩ, ШНкр2 та ДНкр; у 2-гу – ДТ, ДЩ та ДГ; у третю – ДГ, ДТ, ДЩ та ДПс та у 4-ту – ШНкр2, ШНкр1 та ШПс2. Ознаки ШГ та ШПс1 не дають помітного внеску в жодну з функцій.

Таблиця 2. Внутрішньогрупові середні значення канонічних дискримінантних функцій

Популяції	Значення функцій			
	1	2	3	4
<i>С. Макарівка</i>	21,5995	0,02982	0,002128	0,004054
<i>С. Виньковці</i>	-12,5841	1,87624	0,274825	-0,385319
<i>М.Новодністровськ</i>	-11,9841	0,05731	-0,799631	0,117117
<i>С. Вашківці</i>	-11,4395	-1,06590	0,336373	-0,102210
<i>С. Сербинчани</i>	-13,2875	1,11752	0,895282	0,943682

Примітка: напівжирним шрифтом виділені максимальні (дискримінуючі) значення функцій

Таблиця 3. Матриця факторної структури

параметри	Значення функцій			
	1	2	3	4
ДГ	-0,038956	-0,297754	0,637552	0,043669
ШГ	-0,076465	-0,108689	0,007789	-0,029956
ШПс1	-0,018229	-0,221956	0,187906	0,421570
ШПс2	0,021272	-0,203756	0,250511	0,510999
ДПс	0,177483	-0,178407	0,333598	0,073473
ДНкр	-0,299327	-0,256988	0,090016	0,432063
ШНкр1	-0,161783	-0,170396	0,151692	0,647358
ШНкр2	0,366207	0,067426	0,219251	0,701229
ДТ	-0,203527	0,554167	0,551135	0,315511
ДЩ	0,057972	-0,359265	0,488761	-0,048169
ШЩ	0,636021	0,176949	0,255218	0,358368

Примітка: напівжирним шрифтом виділені максимальні (дискримінуючі) значення.

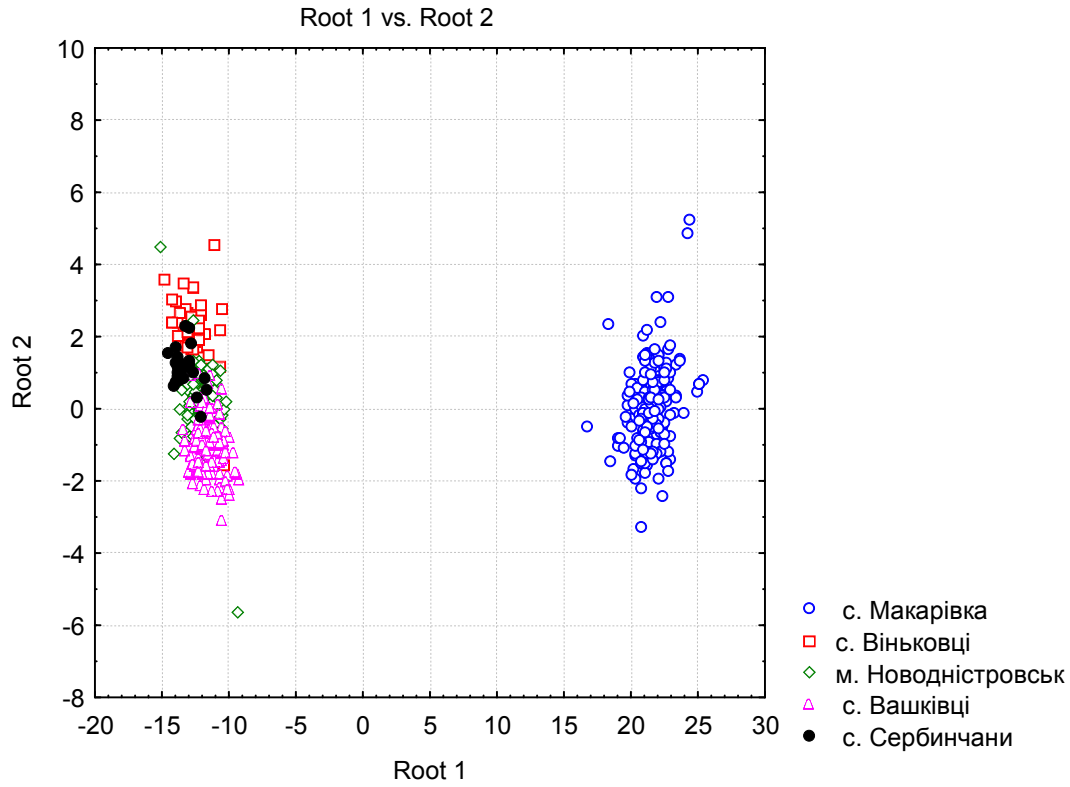
Графічний приклад розділення об'єктів за допомогою дискримінантних функцій наведений на рис. 4, з якого видно, що всі п'ять популяцій розділені в просторі значень перших двох (А) та третьої і четвертої (Б) дискримінантних функцій. Ефективність визначення популяційної специфічності при використанні дискримінантних функцій, побудованих по 11-ти параметрах для п'яти популяцій, досягає 88,25%.

Отже, результати дискримінантного аналізу підтвердили істотні відмінності морфометричної структури популяції хрущів з Макарівки від такої популяції виду з інших досліджуваних територій.

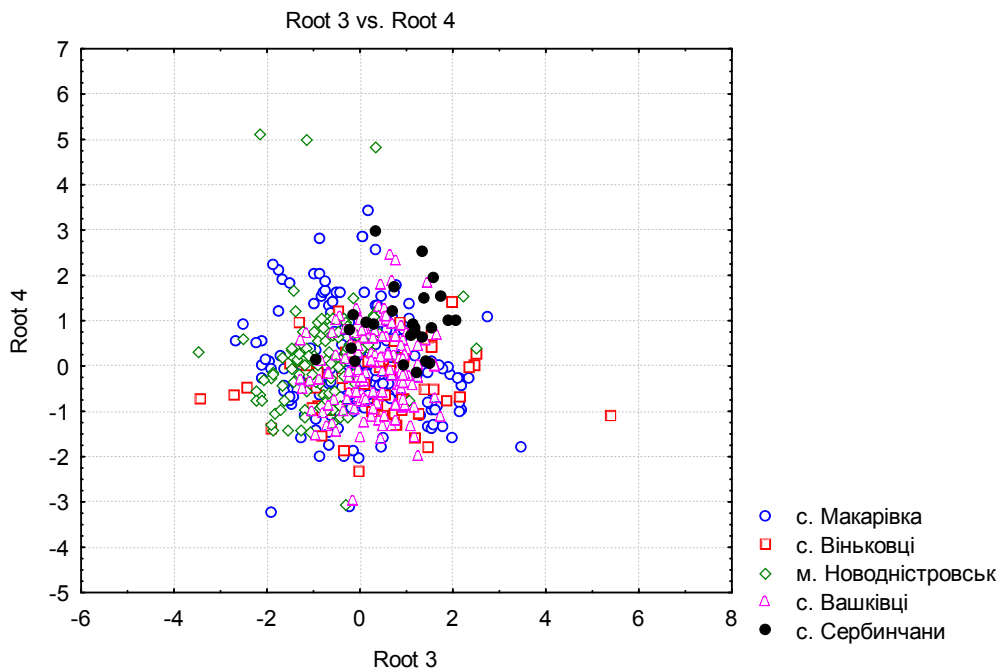
Для підтвердження встановлених особливостей нами були застосовані класифікаційні методи аналізу. Класифікацію, тобто виділення найближчих за комплексом ознак груп, проводили за допомогою деревовидної кластеризації. При побудові кластерів використовували методи найближчого сусіда, найбільш віддаленого сусіда (повного включення) та Варда. Виявилось, що при застосуванні будь-якої процедури кластеризації макарівська вибірка виділяється окремо від інших, які формують один великий кластер. В його межах ближчими між собою виявляються пари популяцій Вашківці + Новодністровськ (малий кластер №1) та Сербинчани + Винківці (малий кластер № 2).

ВИСНОВКИ

Таким чином, порівняльний аналіз морфометричної структури досліджуваних популяцій дозволив виявити значущі відмінності за низкою параметрів та пропорцій тіла *Melolontha melolontha* та окремих його частин. У межах досліджуваного регіону не виявлено клинальної мінливості основних габітуальних розмірів травневого хруща, що може свідчити про відсутність кореляції між клімато-географічними особливостями місцеіснувань популяцій та морфологією тіла особин.



А.



Б.

Рис. 4. Розділення досліджуваних популяцій у просторі дискримінантних функцій: А – першої і другої; Б – третьої та четвертої.

ЛІТЕРАТУРА

1. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
2. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
3. Маринич О.М., Пархоменко Г.О., Петренко О.М., Шищенко П.Г. Удосконалена схема фізико-географічного районування України // Український географічний журнал. 2003. – № 1. – С. 16–21.
4. Навчально-краєзнавчий атлас Чернівецької області. – Львів: Афіша, 2000. – 25 с.
5. Новоженев Ю.И. Коэффициенты вариации размеров майских жуков (*Melolontha hippocastani*) как популяционный параметр // Зоол. журн. – 1978. – Т. 57, вып. 6. – С. 857–865.

Л. Н. Хлус, В. К. Хлус

**МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ
MELOLONTHA ELOLONTHA L. (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) В
ГОДЫ МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ**

Ключевые слова: морфометрическая структура, внутривидовая и межвидовая изменчивость, *Melolontha melolontha* (L.)

Проанализирована морфометрическая структура локальных популяций западного майского хруща *Melolontha melolontha* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Scarabaeidae) из четырех физико-географических районов, расположенных в двух физико-географических областях зоны широколиственных лесов и одной – в пределах Украинских Карпат в годы массового размножения. Сравнительный морфометрический анализ позволил выявить существенные различия по ряду параметров и пропорций тела и отдельных его частей у *M. melolontha*. В пределах изучаемого региона не обнаружена клинальная изменчивость основных габитуальных размеров майского хруща, что может свидетельствовать об отсутствии корреляции между климато-географическими особенностями местообитаний популяций и морфологией тела особей.

L. N. Khlus, V. K. Khlus

**THE MORPHOMETRIC STRUCTURE OF MELOLONTHA
MELOLONTHA (L.) (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)
POPULATIONS IN THE YEARS OF MASS REPRODUCTION**

Key words: morphometric structure, intrapopulation and interpopulation variability, *Melolontha melolontha* (L.)

The study analyzes the morphometric structure of local populations of Cockchafer *Melolontha melolontha* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Scarabaeidae) of four physiographic regions located in two physiographic areas of the zone of broadleaf forests, and of one area within the Ukrainian Carpathians, in the years of mass reproduction. Comparative morphometric analysis reveals significant differences in a number of parameters and proportions of the body and its parts in *M. melolontha*. No clinal variations in the main dimensions of cockchafer habitus are marked within the region under study, which may testify to a lack of correlation between climatic and geographical features of the populations' habitat and individual body morphology.

УДК 612.2-057.87(477.86)

Л. С. Язловицька, Р. А. Грещук

ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СТУДЕНТІВ-ПЕРШОКУРСНИКІВ МЕДИЧНОГО КОЛЕДЖУ М. КОЛОМІЯ

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці; e-mail: torak08@rambler.ru

Ключевые слова: адаптація, студенти-першокурсники, дихальна система.

Адаптація є складним, довготривалим процесом, що ставить високі вимоги до пластичності психіки та фізіологічних функцій організму молодих людей. Складні та багатопланові реакції адаптації проявляються у вигляді специфічних відповідей саморегулюючих систем організму на різноманітні ситуації [3]. Більшість нервово-психічних і психосоматичних розладів, які виникають у студентів, є результатом порушення процесу адаптації до умов навчання і зумовлені нестійкістю адаптивних механізмів в тривалих і короткочасних екстремальних ситуаціях [1]. Особи віком 16–17 років, які складають групу студентів-першокурсників навчальних закладів, безпосередньо підпадають під стресовий вплив соціальних чинників психічного та психофізіологічного характеру, що в свою чергу може порушувати фізіологічний стан організму та погіршує показники здоров'я. Дихальна система, що безпосередньо контактує із зовнішнім середовищем, одна з перших реагує на зміни оточуючого середовища. Інтенсивність та тривалість негативних впливів зовнішніх факторів корелюють зі змінами функціональних можливостей зовнішнього дихання [2]. У зв'язку з вище зазначеним, метою даної роботи була оцінка стану дихальної системи студентів-першокурсників під час адаптації до навчання в медичному коледжі.

Обстежували практично здорових студентів 1-го курсу (16–17-річного віку) Коломийського медичного коледжу (20 хлопців та 20 дівчат), на початку та в кінці навчального року, з учбовим навантаженням, затвердженням для учбових закладів I–II рівня акредитації, що не перевищувало гігієнічних вимог. Всі волонтери були ознайомлені з метою і методами даного обстеження та дали добровільну згоду на участь в експерименті. Вимірювались наступні фізіологічні показники: зріст (Н, см), масу тіла (W, кг), обвід грудної клітки (ОГК, см), частота серцевих скорочень (ЧСС, уд\хв), затримка дихання на вдиху (проба Штанге), затримка дихання на видиху (проба Генче), частота дихання (ЧД), життєва ємність легень (ЖЄЛ, мл) за допомогою сухого спірометра. Розраховували низку показників: належну життєву ємність легень (ЖЄЛ нал), індекс

Скибінські (ІС, у.о.), життєвий індекс (ЖІ, мл/кг). Для проведення статистичної обробки даних використовували 95% довірчий інтервал, критерій Мана-Вітні (U-тест), критерій Вілкоксона, кутове перетворення Фішера (φ). Критичний рівень значущості (p) при перевірці статистичних гіпотез приймався меншим за 0,05. Опис вибіркового розподілу досліджуваних параметрів проводили на основі значень медіани (Me), нижнього (25%) та верхнього (75%) квантилей (Me [25%; 75%]).

Встановлено, що у студентів-першокурсників величина ЖЄЛ перевищувала статево-вікові норми у дівчат протягом всього періоду досліджу, тоді як у хлопців тільки в кінці навчального року (табл. 1). Крім того, виявлено закономірні гендерні відмінності: у юнаків величина ЖЄЛ була вищою, ніж у їх однокурсниць. Слід звернути увагу на те, що у студентів, впродовж навчального року функціональний стан дихальної системи покращився, оскільки наприкінці навчального року величина ЖЄЛ суттєво зросла порівняно з початком. Загальновідомо, що відхилення фактичної величини ЖЄЛ від належної ЖЄЛ в нормі у здорових нетренованих осіб складає -10 – -15 %. Порівняльний аналіз отриманих показників з розрахованими нами належними значеннями ЖЄЛ показав, що на початку навчального року у всіх хлопців величина ЖЄЛ була нижчою від фізіологічної норми. При цьому величина відхилення коливалась в межах -17 – -32 %. Наприкінці навчального року вже у 55% хлопців даний показник відповідав нормі. У 80 % дівчат на початку навчального року відхилення фактичної величини ЖЄЛ від належної ЖЄЛ знаходилось в межах норми, а у 20 % – вище норми. В кінці навчального року вже в половини дівчат даний показник став вище норми.

Відомо, що величина ЖЄЛ визначається силою, що здатні розвинути дихальні м'язи, еластичною тягою легень, антропометричними параметрами, статтю. Зростання величини ЖЄЛ у студентів-першокурсників протягом досліджуваного періоду можна пояснити морфологічними змінами: збільшення обводу грудної клітки у юнаків (на початку навчання – 86,10 [85,30; 86,55], в кінці навчання 89,00 [87,00; 91,00]), зростанням лінійних розмірів тіла та маси студентів в порівнянні зі статево-віковими нормами у певної кількості хлопців та дівчат [6].

Встановлено, що величина ДО у дівчат знаходилась в межах вікових коливань, тоді як у юнаків вона була меншою за статево-вікові норми (табл. 1). Порівняльний аналіз даного показника протягом навчального року свідчить про наявність певних гендерних відмінностей. Зокрема, у хлопців та дівчат величина ДО суттєво не відрізнялась на початку навчання, тоді як наприкінці 1-го курсу даний показник у хлопців зріс і перевищував такий у дівчат (табл. 1.). Відмінності в ДО можна пояснити саме збільшенням величини обводу грудної клітки у юнаків, що пов'язано з продовження ростових процесів у юнаків цього віку. Крім того, осінні погодні умови (низький атмосферний тиск і висока вологість повітря),

викликають зменшення кисневого забезпечення організму [4]. Встановлена нами сезонна відмінність може бути зумовлена особливостями складу повітря в сучасних містах (великою кількістю пилових, газоподібних, аерозольних забруднювачів, які знижують вміст озону та концентрацію негативних іонів) [4]. Крім того, восени, за відсутності активного фотосинтезу, відбувається погіршення газового складу повітря. Вказані чинники можуть зумовлювати виявлені нами відмінності в значеннях ДО протягом досліду в межах захисної реакції організму. Отже, виявлено неоднозначний вплив особливостей навчання в коледжі на величину ДО у досліджуваної мікропопуляції людей та закономірні статеві відмінності за цим показником. Останній у юнаків не відповідав статево-віковим нормам.

В результаті проведених досліджень нами встановлено, що час $ЗД_{вд}$ у всіх студентів-першокурсників нижчий статево-вікових норм (табл. 1). Аналогічна картина спостерігається і за величиною часу $ЗД_{вид}$ у всіх досліджуваних на початку навчального року, за виключенням значень, отриманих у першокурсників навесні, коли, даний показник у останніх, знаходився в межах середньостатистичних коливань (табл. 1). Виявлені закономірні статеві відмінності за пробами Штанге та Генче, зокрема, вищі значення у хлопців порівняно з дівчатами. Останнє, можливо, пов'язане з морфологічними та фізіологічними відмінностями (розміри легень, грудної клітки, сила дихальних м'язів, чутливість дихального центру до нестачі кисню) (табл. 1). Провівши порівняльний аналіз величин проб Штанге та Генче протягом учбового року, нами виявлено, що у всіх студентів-першокурсників (хлопців та дівчат) відбувається зростання досліджуваних величин під час навчання. Встановлені нами сезонні відмінності проб Штанге та Генче також можна пояснити різницею в рівні кисневого забезпечення організму навесні та восени [4]. Одним із факторів, який впливає на величину $ЗД_{вд}$ є парціальний тиск кисню в альвеолярному просторі, який у весняний період буде вищим порівняно з осіннім, що ймовірно і призводить до зростання показників проб Штанге та Генче навесні. Отже, спостерігались статеві відмінності за показниками проби Штанге та Генче, водночас виявлено коливання даного параметру протягом навчального року у всіх досліджуваних студентів, та відхилення даного показника від норми у хлопців на початку навчального року.

Встановлено, що частота дихання (ЧД) у всіх обстежених студентів-першокурсників знаходилась в межах вікових коливань (табл. 1) протягом всього періоду досліду. Проте, виявлено гендерні відмінності за даним показником: у хлопців на початку навчання ЧД була вищою, ніж у дівчат. Отриманий нами результат може опосередковано свідчити про вищі функціональні резервні можливості організму студенток, зокрема їх респіраторної системи, порівняно з хлопцями.

Таблиця 1. Оцінка функціонального стану дихальної системи у студентів-першокурсників м. Коломия Ме [25%;75%]

Показники	Хлопці, n=20				Дівчата, n=20				Статеві-вікові норми	
	На початку навч. р	95% ДІ	В кінці навч. р	95% ДІ	На початку навч. р.	95% ДІ	В кінці навч. р	95% ДІ	Хлопці	Дівчата
Життєва ємність легень (ЖЄЛ), мл	3,8 [3,7; 3,9]*, ®	3,7; 3,9	4,2 [4,1; 4,5]*, ☆	4,1; 4,5	3,6 [3,5; 3,6]*, ®	3,5; 3,6	3,8 [3,6; 3,8]*, ☆	3,6; 3,8	3,8-3,9	2,8-2,9
Час затримки дихання на вдосі (ЗДвд), с	43 [41; 43]*, ☆, ®	42; 43	45 [44; 45]*, ☆	44; 45	38 [36; 39]®, ☆	37; 39	40 [39; 41]*, ☆	39; 41	64-66	49-50
Час затримки дихання на видосі (ЗДвд), с	27 [25; 29]*, ☆, ®	25; 29	31 [28; 33]*	28; 33	25[24; 26]®, ☆	24; 26	28 [26; 30]	26; 29	32-33	28-30
Життєвий індекс (ЖІ), мл/кг	61 [52; 71]*, ®	52; 71	65 [59; 77]	60; 77	64 [57; 68]®, ®	57; 67	66 [61; 71]	60; 71	57-60	46-52
Дихальний об'єм (ДО), мл	505 [494; 511]*, ☆, ®	496,0; 510,0	524 [503; 532]*, ☆, *	506; 531	501 [495; 506]	496; 506	496 [462; 519]	462; 501	600	500
Частота дихання (ЧД), к-ть/хв	17 [16; 18]*	16; 18	17, [15; 18]	16; 17	16 [14; 17]	14; 17	15 [15; 17]	15; 17	15-18	15-18
Індекс Скибінські ум.од.	16 [15; 18]*, ®, ☆	15; 18	22 [19; 23]*, ☆	19; 23	13 [13; 14]®, ☆	13; 14	16 [15; 18]	15; 18	28-33	16-21

Примітка: різниця значуща при $p \leq 0,05$ при порівнянні показників: * - у студентів різної статі, ☆ - отриманих даних.

Функціональні резерви дихальної системи ми оцінювали за показниками життєвого індексу (ЖІ). Порівняльний аналіз отриманих результатів свідчить про наявність статевих відмінностей (табл. 1). Зокрема у дівчат даний показник був вищим, ніж у хлопців на початку навчання. Слід зазначити, що наприкінці навчального року спостерігалось зростання величини ЖІ у всіх студентів-першокурсників. Провівши оцінку рівня фізичного здоров'я студентів за величиною ЖІ ми встановили, що серед студентів-першокурсників зустрічались юнаки з різними функціональними можливостями системи зовнішнього дихання (від «дуже поганого» до «дуже доброго») (табл. 2). Весною відсоток студентів з «дуже доброю» оцінкою функціональних резервів респіраторної системи був вищим, ніж з «поганою» та «дуже поганою». Дівчата характеризувались «добрим» та «дуже добрим» рівнем фізичного здоров'я, при цьому останніх було аж до 80–90 %. Таким чином, за абсолютними показниками ЖІ виявлено певні статеві та вікові особливості, крім того спостерігались гендерні відмінності в розподілі людей за оцінкою резервних можливостей респіраторної системи.

Таблиця 2. Розподіл студентів відповідно до величини життєвого індексу, %

Рівень фізичного здоров'я	Хлопці		Дівчата	
	На початку навч. р.	В кінці навч. р.	На початку навч. р.	В кінці навч. р.
Дуже погано (I)	15	0 ^{&,!}	0 ^{!,№}	0 [№]
Не задовільно (II)	25	5 ^А	0 ^{*~,А}	0 ^А
Задовільно (III)	10 [¥]	25	0 ^{\$,¥}	0 ^{*,¥}
Добре (IV)	10 [£]	25	20 [£]	10 [£]
Дуже добре (V)	40	45 [№]	80 [*]	90 [*]

Примітка: різниця достовірна при $t(\varphi) \leq 0,05$ при порівнянні показників: * - у студентів різної статі; @ – на початку та наприкінці навчального року; в середині досліджуваних груп між: @ – (I–II); # – (II–III); \$ – (III–IV); £ – (IV–V); & – (I–III); ! – (I–IV); № – (I–V); ~ – (II–IV); А – (II–V); ¥ – (III–V).

Надалі, для більш повної оцінки функціональних можливостей кардіореспіраторної системи, ми розраховали індекс Скибінські (ІС), який характеризує не тільки потенційні можливості системи зовнішнього дихання та її стійкість до гіпоксії, але і певною мірою узгодженість функціонування дихання із системою кровообігу [5]. При порівняльному аналізі абсолютних показників ІС, нами виявлено закономірні гендерні відмінності між студентами різної статі: у хлопців величина ІС була вищою, ніж у дівчат (табл. 1.). Крім того, у студентів-юнаків даний показник був нижчим за статево-вікові норми протягом всього навчального року, а у дівчат – на початку навчання у коледжі. Слід

звернути увагу на те, що протягом року у хлопців та дівчат абсолютні значення ІС зростають, що може свідчити про покращення функціонального стану кардіореспіраторної системи, що є одним з показників позитивних адаптаційних пристосувань. Проаналізувавши величину ІС відносно статево-вікових центильних значень, ми встановили, що серед студентів-першокурсників є молодь з різним станом серцево-судинної та дихальної систем від «дуже поганого» до «задовільного» (табл. 3). Встановлено, що для більшості дівчат та хлопців на початку навчання характерним є «задовільний» та «незадовільний» стан кардіореспіраторної системи. Навесні зменшується на 40 % частка хлопців та на 45 % – дівчат з «незадовільним» функціональним станом досліджуваних систем. При цьому, зростає відсоток студентів з «задовільним» функціональним станом організму за величиною ІС (серед юнаків на 40 %, а серед дівчат – на 55 %). На жаль, молоді з «добрим» та «дуже добрим» функціональним станом досліджуваних систем не виявлено.

Таблиця 3. Розподіл студентів відповідно до значення індексу Скибінські, %

Оцінка стану кардіореспіраторної системи	Хлопці		Дівчата	
	Осінь	весна	Осінь	Весна
Дуже погано (I)	5 ^{@,&}	0 ^{@,&}	10 [@]	0 ^{@,&}
Незадовільно (II)	65 ^{@,#}	25 [#]	70 ^{@,#}	25 [#]
Задовільно (III)	30 ^{@,\$}	75 ^{\$}	20 ^{@,\$}	75 ^{\$}
Добре (IV)	0 [~]	0 [~]	0 [~]	0 [~]
Дуже добре (V)	0 ^{А,¥}	0 ^{А,¥}	0 ^{А,¥}	0 ^{А,¥}

Примітка: різниця достовірна при $t(\varphi) \leq 0,05$ у порівнянні показників:

@ – на початку та наприкінці навчального року; в середині досліджуваних груп між: @ – (I-II); # – (II-III); \$ – (III-IV); & – (I-III); ~ – (II-IV); А – (II-V); ¥ – (III-V).

Отже, за даними оцінки індексу Скибінські, у обстежених студентів-першокурсників на початку навчання стан кардіореспіраторної системи можна вважати «задовільним» лише у 25 % студентів, а наприкінці навчального року у 75 %.

Узагальнюючи вище зазначене, можна стверджувати про наявність у студентів-першокурсників сприятливого напрямку адаптації кардіореспіраторної системи до дії стресових факторів соціально-психологічного та психофізіологічного характеру під час першого року навчання в медичному коледжі м. Коломия.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бусловская Л.К., Рыжкова Ю.П. Характеристика дезадаптивных состояний у студентов университета и возможности коррекции // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И.Вернадского. – 2008. – Т.1. – №.3 (13). – С. 17–23.

2. Бухановська Т.М., Мальцева П.О. Оцінка негативних факторів навколишнього середовища, що впливають на стан здоров'я дітей промислового міста (аналітичний огляд) // Современная педиатрия. – 2012. – № 1 (41) – С. 155–158.
3. Глазков Е.О. Порухення адаптації студентів до навчальної діяльності у вищому навчальному закладі // Таврический медико-биологический вестник – 2012. – Т.15, № 3. – Ч.2 (59). – С. 70–72.
4. Головченко Ю.И. Р.Я. Адаменко. Влияние метеофакторов на течение сердечно-сосудистых заболеваний // Журнал практичного лікаря. – 2003 – № 5. – С. 32–34.
5. Кузюк Л.Г. Стан резервних можливостей організму дітей віком 6–17 років за показниками функціональних проб кардіореспіраторної системи /Л.Г.Кузюк, Т.Б.Ігнатова, Ю.А.Маковкіна // Перинатологія і педіатрія. – 2010. – № 1. – С.56–61.
6. Язловицька Л.С., Грещук Р.А. Оцінка фізичного розвитку студентів-першокурсників м. Коломия (за антропометричними показниками) // Актуальні проблеми дослідження довкілля. Збірник наукових праць (за матеріалами V Міжнародної наукової конференції, 23–25 травня 2013, м. Суми).– Т.2. – Суми: Сум ДПУ ім.А.С.Макаренка, 2013. – С. 377–379.

Л. С. Язловицька, Р. А. Грещук

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОВ-ПЕРВОКУРСНИКОВ МЕДИЦИНСКОГО КОЛЛЕДЖА Г. КОЛОМЫЯ

Ключевые слова: адаптация, студенты-первокурсники, респираторная система.

Исследовалось функциональное состояние дыхательной системы у студентов-первокурсников (16–17-летнего возраста) медицинского колледжа. Показано наличие ряда особенностей, включающих половые и нормативные различия по отдельным показателям. Функциональные резервные возможности дыхательной системы организма девушек выше, чем у юношей. В течение первого года обучения выявлены благоприятные изменения показателей кардиореспираторной системы что свидетельствует о положительной адаптации к стрессовым социально-психологическим и психофизиологическим факторам обучения.

L.S. Yazlovytska, R.A.Hreschuk

EVALUATION OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE RESPIRATORY SYSTEM OF FIRST-YEAR STUDENTS OF KOLOMYYA MEDICAL COLLEGE

Key words: Adaptation, first-year students, respiratory system.

The paper examines the functional state of the respiratory system of first-year students (aged 16–17) of the Kolomyya medical college. It identifies a number of peculiarities, including sex and standard differences for certain characteristics, and shows that the functional reserve of the respiratory system of females is higher than that of males. The study reveals some favorable changes in the cardio-respiratory system parameters in the first college year, which testifies to positive adaptation of students to stressful socio-psychological and psycho-physiological factors of learning.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

збірника наукових робіт «Природничий альманах» (біологічні науки), який включено до переліку фахових видань ВАК України

(рішення президії ВАК від 23.02.2011 (№ 1-05/2, бюлетень ВАК № 1, 2011)

У збірнику друкуються статті, які є результатом наукових досліджень у галузі біологічних наук і не публікувались раніше в інших виданнях.

Щорічно видається 2 випуски, обсяг кожного випуску 12–15 д.а. Мова видання – українська, російська та англійська. Формування випусків: № 1 – до 1 червня; № 2 – до 1 грудня.

Автори подають один роздрукований примірник, додають електронний носій зі статтею, що набрана у текстовому редакторі Microsoft Word версій, 7.0 (6.0) або 98 for Windows. Розмір аркушу А-4, на сторінці повинно бути до 40 рядків, у рядку до 70 знаків (разом з пробілами), шрифт Times New Roman, розмір шрифту 14 пт. Таблиці, рисунки, фотографії подаються в тексті, з відповідними заголовком/підписом та поясненнями.

При оформленні статті слід дотримуватися наступної послідовності: показник УДК (у лівому верхньому кутку аркуша); прізвище та ініціали авторів (у правому кутку аркуша), назва статті (прописними літерами), повна назва установи, де виконувалася робота, e-mail, ключові слова (5–10), текст статті, список літератури (за алфавітом, на кожен позицію є посилання в тексті у квадратних дужках), резюме (англійською та російською/ українською мовою залежно від мови статті: до 1 000 знаків кожна). Резюме повинне мати, окрім тексту, прізвища та ініціали авторів, назву статті, ключові слова. Обсяг статті 7–15 сторінок.

До статті додається довідка про авторів: прізвище, ім'я, по-батькові (повністю), вчене звання та ступінь, місце роботи або навчання (без скорочень), адреса та контактні телефони, e-mail.

Статті, що представлені кандидатами та докторами наук, направляються без рецензій. Матеріали, які направлені магістрантами, аспірантами, фахівцями без наукового ступеню, супроводжуються однією рецензією.

Статті рецензуються членами редколегії, за якою залишається право відбору, рекомендацій, зауважень щодо змісту надісланих матеріалів.

Адреса редакції: Факультет біології, географії та екології Херсонського державного університету, вул. 40 років Жовтня, 27, м. Херсон, Україна, 73000. **E-mail:** hdu.priroda@yandex.ua Тел.:(0552)32-67-54.

ПРИРОДНИЧИЙ АЛЬМАНАХ

Серія: Біологічні науки

Випуск 19

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ.

Відповідальний за випуск Шмалей С. В.
Технічний редактор Фоменко А.М.

Папір офсетний, друк цифровий
Умовно-друк. арк 28,5. Тираж 300 прим.

Видавництво "Тімекс"
Свідоцтво про реєстрацію ХС №24 від 20.05.2002 р.
73000, м. Херсон, вул. Червонофлотська, 17
т./ф.: 42-50-11, e-mail: timex.ks@gmail.com

Друк ПП Кальченко М.Б.
Свідоцтво про державну реєстрацію В02 №689291 від 27.04.2007
73000, м. Херсон, пр. Будівельників, 8, кв. 59
тел. (0552) 22-44-55