

Журнал основан в 1918 г.

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**  
**ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО**  
**УНИВЕРСИТЕТА им. В. И. ВЕРНАДСКОГО**

Научный журнал

*Серия “Биология, химия”*

**Том 25 (64). № 4**

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского  
Симферополь, 2012

**Редакционный совет журнала**

**«Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского»:**

1. Багров Н.В. – д.г.н., проф., академик НАН Украины, (главный редактор)
2. Шульгин В.Ф. – д.хим.н., проф. (зам. главного редактора)
3. Дзедолик И.В. – д.ф.-м.н., доц. (отв. секретарь)

**Члены Совета (редакторы серий и разделов серий):**

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1. Бержанский В.Н. – д.ф.-м.н., проф.  | 7. Копачевский Н.Д. – д.ф.-м.н. проф. |
| 2. Богданович Г.Ю. – д.филол.н., проф. | 8. Подсолонко В. А. – д.э.н. проф.    |
| 3. Вахрушев Б.А. – д.г.н., проф.       | 9. Ротань В.Г. – д.ю.н., проф.        |
| 4. Гришкoveц В.И. – д.х.н., проф.      | 10. Темурьянц Н.А. – д.б.н., проф.    |
| 5. Казарин В.П. – д.филол.н., проф.    | 11. Шоркин А.Д. – д.филос.н., проф.   |
| 6. Климчук С.В. – д.э.н., доц.         | 12. Юрченко С.В. – д.полит.н., проф.  |

**Редакционная коллегия серии «Биология, химия»:**

**Раздел «Биология»:**

Ивашов А.В. – д.б.н, проф.  
Коношенко С.В. – д.б.н, проф.  
Коренюк И. И. – д.б.н, проф.  
Котов С.Ф. – к.б.н., доц.  
Павленко В.Б. – д.б.н, проф.  
Темурьянц Н.А. – д.б.н., проф., (редактор  
серии, редактор раздела «Биология»),  
(timur328@gmail.com)  
Чуян Е.Н. – д.б.н, проф.  
Юрахно М. В. – д.б.н, проф.

**Раздел «Химия»:**

Гришкoveц В.И. – д.х.н., проф., (редактор  
раздела «Химия»), (physchem@crimea.edu)  
Земляков А. Е. – д.х.н., проф.  
Першина Е.Д. – к.х.н., доц.  
Федоренко А. М. – д.х.н., проф.  
Чирва В. Я. – д.х.н., проф.  
Шульгин В.Ф. – д.х.н., проф.

**Печатается по решению Ученого Совета Таврического национального университета  
им. В.И. Вернадского, протокол № 12 от 19.12.2012 г.**

Подписано в печать 21.12.2012 формат 70x100/16  
17,75 усл. п. л. 14,95 уч.-изд. л. Тираж 500. Заказ № 17/а.  
Отпечатано в информационно-издательском отделе ТНУ,  
пр. Вернадского 4, г. Симферополь, 95007

**«Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського»**

Науковий журнал. Том 25 (64), №4, Біологія, хімія.  
Сімферополь, Таврійський національний університет ім. В.І.Вернадського, 2012  
Журнал заснований у 1918 р.  
Адреса редакції: пр. Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007  
Надруковано у інформаційно-видавничьому відділі Таврійського національного університету  
ім. В.І. Вернадського, пр. Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007  
[http://science.crimea.edu/zapiski/zapis\\_god.html](http://science.crimea.edu/zapiski/zapis_god.html)

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського

Серія «Біологія, хімія». Том 25 (64). 2012. № 4. С. 3-11.

УДК 612.13-053.81:577.152

## ОКСИД АЗОТУ ЯК РЕГУЛЯТОР АДАПТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗМУ ПРАКТИЧНО ЗДОРОВИХ ЮНАКІВ І ДІВЧАТ

*Богдановська Н.В.*

*Запорізький національний університет, Запоріжжя, Україна*

*E-mail: nadezhdabg@rambler.ru*

Проведено дослідження системи синтезу оксиду азоту практично здорових хлопців і дівчат у віці 20-25 років (62 особи). Встановлено, що, незалежно від статі, зниження адаптивних можливостей у цих осіб супроводжується зниженням активності конститутивної і сумарної NOS, аргінази, нітратредуктази, зростанням активності індукцибельної NO-синтази, збільшенням її частки в загальному пулі NO-синтаз і вираженим зниженням вазодилатаційної реакції плечової артерії на штучно створену гіперемію. Показано, що основний внесок у загальний синтез NO в організмі осіб із високим рівнем адаптивних можливостей серцево-судинної системи вносить окислювальний кальційзалежний шлях утворення оксиду азоту за участю eNOS.

**Ключові слова:** оксид азоту, адаптивні можливості, серцево-судинна система, функціональний взаємозв'язок, юнаки і дівчата, 20-25 років.

### ВСТУП

Актуальною проблемою біології на сьогодні залишається вивчення особливостей та фізіологічних механізмів адаптації організму до різних факторів зовнішнього середовища. Показано, що значне зростання захворювань фізіологічних систем організму пов'язано з істотним зниженням загальних адаптивних можливостей організму, порушенням нормального функціонування фізіологічних механізмів, що забезпечують повноцінну форму адаптації до дії несприятливих впливів зовнішнього та внутрішнього середовища [1-4].

Останнім часом значну увагу дослідників притягнуто до вивчення ролі оксиду азоту в забезпеченні оптимальної роботи цілісного організму [2]. Експериментально доведена важлива роль оксиду азоту в регуляції різних систем організму [3-5].

Таким чином, оксид азоту може розглядатися як один із найважливіших регуляторів загальних адаптивних можливостей організму, що забезпечує його оптимальну адаптацію до зовнішніх впливів різного характеру і, як наслідок, підтримку необхідного рівня здоров'я.

Попередніми роботами нами були наведені експериментальні дані щодо особливостей функціонального стану системи синтезу оксиду азоту та її окремих

ланок в тренованих осіб окремої статі на різних етапах адаптації до фізичних навантажень [6-8]. Також, не менш важливим є питання відносно вивчення гендерних відмінностей в характері організації цієї системи в практично здорових осіб.

Актуальність і безсумнівне практичне значення зазначеної проблеми послужили передумовами для проведення цього дослідження, метою якого стало вивчення ролі системи синтезу оксиду азоту в регуляції адаптивних можливостей серцево-судинної системи практично здорових осіб різної статі віком 20-25 років.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Протягом дослідження було проведено обстеження 62 практично здорових юнаків (n=30) і дівчат (n=32) віком 20-25 років. Обстеження проводилось в групах юнаків і дівчат залежно від рівня адаптивних можливостей серцево-судинної системи їхнього організму – Д-3 і Ю-3 (дівчата та юнаки з низькими адаптивними можливостями – значення адаптаційного потенціалу системи кровообігу (АПссс) “низькі” та “нижче від середнього”); Д-2 і Ю-2 (дівчата та юнаки з середніми адаптивними можливостями – “середні” значення АПссс); Д-1 і Ю-1 (дівчата та юнаки з високими адаптивними можливостями – значення АПссс “високі” та “вище від середнього”).

Оцінку стану системи центральної гемодинаміки і структурно-функціональної організації серця проводили на основі даних ехокардіографії з використанням ультразвукового сканера фірми Siemens. Визначали: частоту серцевих скорочень (ЧСС, уд·хв<sup>-1</sup>), ударний (УО, мл) і хвилинний (ХОК, л·хв<sup>-1</sup>) об'єми крові, загальний периферичний опір судин (ЗПОС, дін<sup>2</sup>·с·см<sup>-5</sup>), серцевий індекс (СІ, л·хв<sup>-1</sup>·м<sup>2</sup>), кінцево-діастолічний діаметр правого (КДДпш, см) і лівого (КДДлш, см) шлуночків серця, кінцево-систоличний діаметр правого (КСДпш, см) і лівого (КСДлш, см) шлуночків, кінцево-систоличний (КСО, мл) і кінцево-діастолічний (КДО, мл) об'єми, об'єми лівого шлуночка в систолу (Vлш-с, мл) і в діастолу (Vлш-д, мл), товщину задньої стінки лівого шлуночка в діастолу (ТЗСлш, см), масу міокарда (Мм, г), індекс маси міокарда (ІМм, у.о.), величину фракції викиду крові (ФВ, %), індекс провідності серця (DS, %), швидкості швидкого (Е, мл/с) і повільного (А, мл/с) наповнення правого (Еп і Ап) і лівого (Ел і Ал) шлуночків серця, а також величини співвідношень Еп/Ап (у.о.) і Ел/Ал (у.о.) [9, 10].

На основі аналізу електрокардіограми, за методиками Р.М. Баєвського та М.В. Малікова, реєстрували такі показники: параметри варіаційної пульсометрії (моду – Мо, с; амплітуду моди – АМо, %; варіаційний розмах – ΔХ, с; індекс вегетативної рівноваги – ІВР, умовні одиниці, у.о.; індекс напруги регуляторних механізмів системи кровообігу – ІНссс, у.о.) і амплітудної пульсометрії (моду – Моh, мВ; амплітуду моди – АМоh, %; варіаційний розмах – ΔХh, мВ; показник ефективності роботи серця – ПЕРС, у.о.) [10, 11].

Величину адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи (АПссс, у.о.) розраховували за формулою М.В. Малікова: АПссс = ПЕРС / ІНссс, де ПЕРС – показник ефективності роботи серця, у.о.; ІНссс – індекс напруги регуляторних механізмів системи кровообігу, у.о. [12].

Оцінку функціонального стану судинного ендотелію проводили на основі визначення ступеню виразності вазодилатаційної реакції плечової артерії (ВДР) у пробі з реактивною гіперемією за методом D.S. Celermajer із використанням апарату для ультразвукового дослідження “Ультіма Pro-30” і визначали: вихідні величини діаметра плечової артерії ( $D_i$ , мм), лінійної ( $V_{л.в.}$ , см/с) і об’ємної ( $V_{об.в.}$ , мл/с) швидкостей кровотоку, величини даних показників після проби з реактивною гіперемією (відповідно  $D_f$ , мм;  $V_{л.г.}$ , см / с;  $V_{об.г.}$ , мл/с) і значення приросту зазначених параметрів після проведеної проби (відповідно  $\Delta D, \%$ ;  $\Delta V_{л.}, \%$ ;  $\Delta V_{об.}, \%$ ) [13, 14].

Для оцінки стану системи синтезу оксиду азоту в плазмі крові визначали величини біохімічних показників, що характеризують інтенсивність обміну L-аргініну за двома альтернативними (неокисному аргіназному і окисному NO-синтазному) шляхами метаболізму. Інтенсивність неокисного метаболізму оцінювали, визначаючи сумарну активність аргінази ( $Arg$ , нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка) і вміст сечовини (нмоль·мг<sup>-1</sup> білка), що утворюється при участі даного ферменту. Інтенсивність окисної деградації аргініну, при якій утворюється оксид азоту de novo оцінювали за активністю різних ізоферментів NO-синтази – кальційзалежної конститутивної (визначалася сумарна активність eNOS + pNOS = cNOS, пмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка) і кальційнезалежної індукційної (iNOS, пмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка), а також за рівнем окислених метаболітів оксиду азоту – нітрит ( $NO_2^-$ , пмоль·мг<sup>-1</sup> білка) і нітрат ( $NO_3^-$ , пмоль·мг<sup>-1</sup> білка) -аніонів. Оцінювали також інтенсивність реутилізації нітрат-аніонів для відновного ресинтезу оксиду азоту, визначаючи НАДФ-залежну нітратредуктазну активність (Red, нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка).

Крім перерахованих показників, у плазмі крові визначали вміст заліза (Fe, нмоль·мг<sup>-1</sup> білка), гемоглобіну (Hb, нмоль·мг<sup>-1</sup> білка), білірубіну (Bil, нмоль·мг<sup>-1</sup> білка) та неорганічних фосфатів (Pi, нмоль·мг<sup>-1</sup> білка).

Усі отримані в ході дослідження експериментальні матеріали були оброблені з використанням статистичного пакету Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати проведеного дослідження дозволили встановити, що для обстежених юнаків 20-25 років був характерний достовірно вищий, ніж для дівчат цього ж віку, рівень адаптивних можливостей серцево-судинної системи їхнього організму (величини АПсс становили відповідно  $0,96 \pm 0,07$  у.о. і  $0,68 \pm 0,05$  у.о.,  $p < 0,05$ ) та більш високі значення показника ефективності роботи серця (ПЕРС  $110,38 \pm 6,55$  у.о. і  $83,03 \pm 6,93$  у.о.;  $p < 0,01$ ). Разом із тим не вдалося зареєструвати вірогідних ( $p > 0,05$ ) статевих відмінностей у значеннях показників, що відображають стан системи центральної гемодинаміки (УО, ХОК, СІ) та ступінь функціональної напруги регуляторних механізмів системи кровообігу (ІНсс і ІВР).

Підтвердили перевагу юнаків у рівні адаптивних можливостей системи кровообігу і результати їх внутрішньогрупового розподілу за величиною адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи (АПсс).

Серед юнаків більша, ніж серед дівчат, їх кількість характеризувалася “середніми” (відповідно 34,49% і 28,57%), “вищими від середнього” (10,34% і

7,14%) і “високими” (20,69% і 17,86%) адаптивними можливостями системи кровообігу і менша – “нижчими від середнього” (10,34% і 14,29%) і “низькими” (24,14% і 32,14%) значеннями адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи.

Порівняльний аналіз величин показників, які характеризують особливості структурно-функціональної організації серця, показав відсутність статистично значущих статевих відмінностей стосовно більшості даних параметрів ( $p > 0,05$ ). Тільки значення фракції викиду крові (ФВ), індексу провідності (DS), а також швидкостей швидкого (Е) і повільного (А) наповнення правого шлуночка серця були достовірно вище ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ ) у групі практично здорових юнаків 20-25 років.

Крім цього, результати кореляційного аналізу дозволили констатувати, що, незалежно від статі, висока кореляційна залежність адаптивних можливостей системи кровообігу відзначалася тільки з величинами фракції викиду крові (ФВ) ( $r = 0,57$  у групі дівчат і  $r = 0,85$  у групі юнаків) та індексу провідності (відповідно  $r = 0,69$  і  $r = 0,81$ ). Статистично значущих коефіцієнтів кореляції з іншими показниками структурно-функціональної організації серця зареєструвати не вдалося (рис. 1).

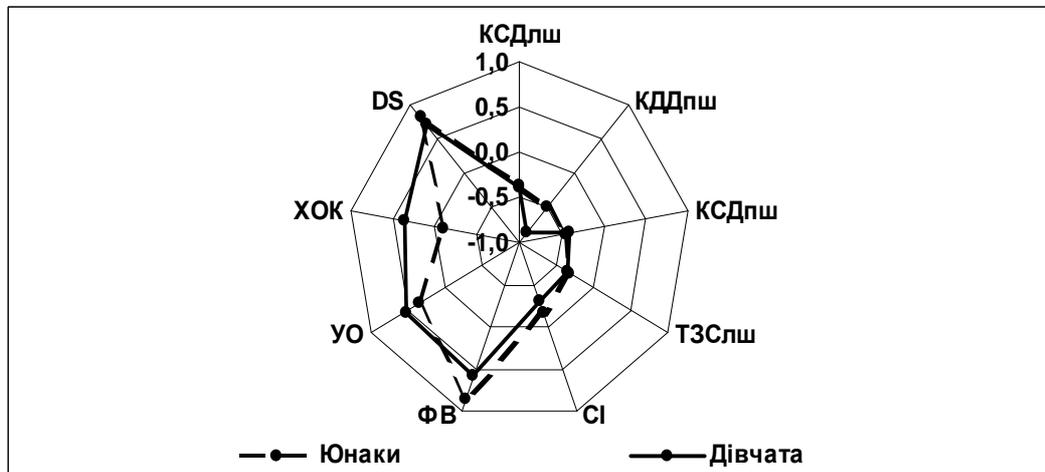


Рис. 1. Кореляційні зв'язки значень адаптаційного потенціалу системи кровообігу з показниками структурно-функціональної організації серця.

*Примітки:* КСДлш – кінцево-сistolічний діаметр лівого шлуночка; КДДпш – кінцево-діастолічний діаметр правого шлуночка; КСДпш – кінцево-сistolічний діаметр правого шлуночка; ТЗСлш – товщина задньої стінки лівого шлуночка; СІ – серцевий індекс; ФВ – фракція викиду крові; УО – ударний об'єм крові; ХОК – хвилинний об'єм крові; DS – індекс провідності серця.

На нашу думку, представлені результати можуть свідчити про те, що характер структурно-функціональної організації роботи серця та функціонального стану системи центральної гемодинаміки неповною мірою характеризують поточний рівень загальних адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму.

У зв'язку із зазначеною цілим рядом авторів важливою роллю оксиду азоту в забезпеченні оптимального рівня функціонування комплексу фізіологічних систем організму, в тому числі і серцево-судинної, нами було висунуто припущення про його істотну роль і в забезпеченні поточних адаптивних можливостей апарату кровообігу.

Отримані експериментальні дані дозволили констатувати не тільки наявність статевих відмінностей у стані системи синтезу оксиду азоту серед практично здорових юнаків і дівчат у віці від 20-25 років, але й більш оптимальні величини основних параметрів даної системи в групі юнаків, що характеризувалися більш високими адаптивними можливостями системи кровообігу.

Серед юнаків реєструвалися вірогідно більш високі ( $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ ), ніж у дівчат, величини активності конститутивної кальційзалежної NO-синтази (cNOS) і сумарної NOS, вмісту нітратів ( $\text{NO}^{-3}$ ) у плазмі крові і, навпаки, більш низькі значення частки індукбельної NOS в загальному пулі ізоферментів та співвідношення активностей нітратредуктази та cNOS.

Крім цього, ймовірно, основна роль у забезпеченні організму необхідним рівнем оксиду азоту належала ендотеліальній ізоформі конститутивної NO-синтази (eNOS) у зв'язку з достовірно більш високим ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ) ступенем виразності, в групі юнаків, вазодилатаційної реакції плечової артерії в пробі з реактивною гіперемією. Приріст діаметра плечової артерії та об'ємної швидкості кровотоку склав у групі юнаків відповідно  $18,80 \pm 0,94\%$  і  $147,75 \pm 5,87\%$ , тоді як у групі дівчат  $15,33 \pm 0,88\%$  і  $130,17 \pm 5,64\%$ .

Підтвердили суттєву роль оксиду азоту в забезпеченні адаптивних можливостей системи кровообігу і результати кореляційного аналізу. Як видно з даних, наведених на рис. 2, для всіх обстежених осіб, незалежно від статі, був характерний високий кореляційний зв'язок значень АПссс із величинами практично всіх параметрів, що відображають стан системи синтезу оксиду азоту.

Величини коефіцієнтів кореляції значень АПссс зі значеннями активності cNOS становили 0,63 в групі юнаків і 0,68 в групі дівчат, сумарної NOS відповідно 0,68 і 0,61, аргінази – 0,62 і 0,67, iNOS відповідно -0,65 і -0,57, частки iNOS у загальному пулі ізоферментів -0,69 і -0,80, нітратредуктази 0,72 та 0,61.

Суттєвим доповненням стосовно наведених даних послужили результати аналізу особливостей зміни стану системи синтезу оксиду азоту при зміні адаптивних можливостей системи кровообігу. Було встановлено, що незалежно від статі обстежених осіб зниження адаптивних можливостей системи кровообігу супроводжувалося достовірним зниженням активності конститутивної NOS, сумарної NOS, аргінази, нітратредуктази, експресією активності індукбельної NO-синтази, підвищенням її частки в загальному пулі ізоферментів і падінням виразності вазодилатаційної реакції плечової артерії в пробі з реактивною гіперемією.

У групі юнаків із високими адаптивними можливостями системи кровообігу активність конститутивної NOS була на  $36,31 \pm 1,74\%$ ,  $p < 0,001$  вище в порівнянні з їх однолітками з низькими адаптивними можливостями, а в групі дівчат на  $44,51 \pm 1,88\%$ ,  $p < 0,001$ . Аналогічні співвідношення у величинах активності сумарної

NOS склали відповідно  $5,52 \pm 1,66\%$ ,  $p < 0,05$  і  $3,53 \pm 2,52\%$ ,  $p < 0,05$ , аргінази –  $29,49 \pm 1,43\%$ ,  $p < 0,05$  і  $40,09 \pm 1,80\%$ ,  $p < 0,05$ , нітратредуктази –  $6,48 \pm 1,50\%$ ,  $p < 0,001$  та  $17,57 \pm 2,00\%$ ,  $p < 0,001$ . Навпаки, у представників з низькими адаптивними можливостями реєструвалися більш високі величини активності індукцибельної NOS (на  $78,01 \pm 1,58\%$ ,  $p < 0,001$  серед юнаків та на  $89,63 \pm 2,33\%$ ,  $p < 0,001$  серед дівчат), підвищенні значення її частки в загальному пулі ізоферментів (відповідно на  $87,63 \pm 1,47\%$ ,  $p < 0,001$  та  $92,06 \pm 1,48\%$ ,  $p < 0,001$ ) та більш низький ступень виразності вазодилатаційної реакції плечової артерії (на  $44,29 \pm 2,13\%$ ,  $p < 0,001$  та  $46,50 \pm 3,03\%$ ,  $p < 0,05$ ).

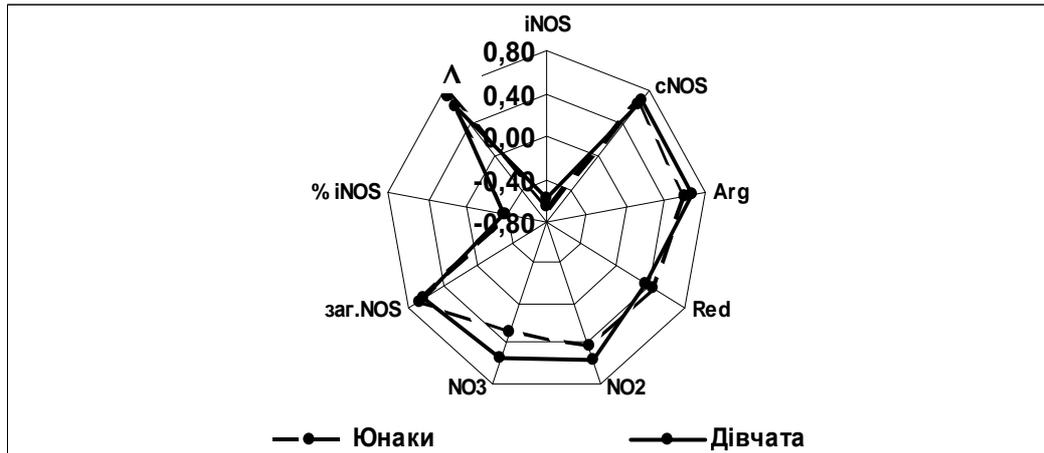


Рис. 2. Кореляційні зв'язки значень адаптаційного потенціалу системи кровообігу з показниками системи синтезу оксиду азоту.

*Примітки:* iNOS – активність індукцибельної NO-синтази; cNOS – активність конститутивної NO-синтази; Arg – активність аргінази; Red – активність редуктази; NO<sub>2</sub> – вміст нітритів; NO<sub>3</sub> – вміст нітратів; заг. NOS – сумарна активність NO-синтаз; % iNOS – частка індукцибельної NO-синтази в загальному пулі ізоферментів;  $\Delta D$  – приріст діаметра плечової артерії після проби з реактивною гіперемією.

Показовими також виявилися результати аналізу особливостей зміни співвідношень різних шляхів до загального синтезу оксиду азоту в організмі обстежених осіб (рис. 3).

Відповідно до отриманих даних у юнаків та дівчат із високими адаптивними можливостями системи кровообігу основний внесок у загальний синтез оксиду азоту в організмі здійснює окислювальний кальційзалежний шлях утворення оксиду азоту за участю cNOS (відповідно 69% і 62%), далі в цій своєрідній градації йде окислювальний кальційнезалежний шлях метаболізму L-аргініну за участю iNOS (відповідно 25% і 30%) і, нарешті, реутилізаційний синтез оксиду азоту за участю нітратредуктази (відповідно 6% і 8%).

Погіршення адаптивних можливостей системи кровообігу супроводжувалося істотним зниженням вкладу cNOS до загального синтезу оксиду азоту (до 47% у

## ОКСИД АЗОТУ ЯК РЕГУЛЯТОР АДАПТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ...

групі юнаків і до 35% у групі дівчат) і, навпаки, зростанням значущості активності індукцибельної NO-синтази (відповідно до 47% і 58%).

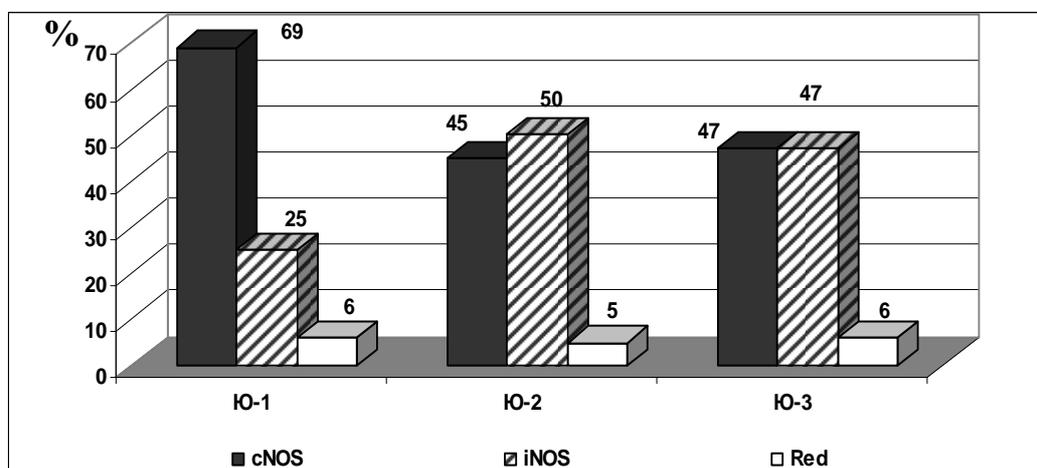
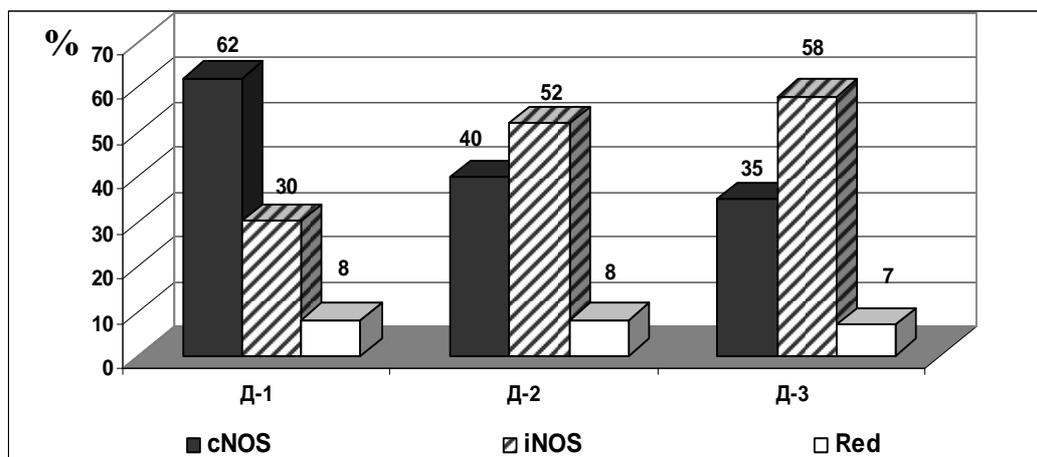


Рис. 3. Відносний внесок різних шляхів синтезу оксиду азоту в практично здорових дівчат та юнаків із високими (Д-1, Ю-1), середніми (Д-2, Ю-2) і низькими (Д-3, Ю-3) значеннями адапційного потенціалу серцево-судинної системи організму (у % від загальної активності ферментів).

Таким чином, результати проведеного дослідження дозволили констатувати важливу роль оксиду азоту в забезпеченні поточних адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму практично здорових юнаків та дівчат 20-25 років. У зв'язку з цим нами було висунуто припущення про можливі фізіологічні механізми впливу оксиду азоту на стан адаптивних можливостей системи кровообігу.

Представлені матеріали цього дослідження є, на нашу думку, певним доповненням до наявних теоретичних відомостей щодо фізіологічної ролі оксиду азоту в організмі, зокрема, практично здорових осіб у віці 20-25 років.

Перспективами подальших досліджень є визначення змін в системі синтезу оксиду азоту в осіб різного віку при несприятливому впливі зовнішніх факторів.

### **ВИСНОВКИ**

1. Матеріали проведеного дослідження дозволили констатувати важливу роль оксиду азоту в забезпеченні поточних адаптивних можливостей серцево-судинної системи практично здорових молодих осіб у віці 20-25 років.
2. Показано, що найбільш оптимальний рівень даних можливостей реєструється в разі вираженої експресії активності окисного (за участю конститутивної NOS) і нітритредуктазного реутилізаційного шляхів синтезу NO при одночасному зниженні активності індукційної NO-синтази.
3. Встановлено, що основна роль у забезпеченні поточних адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму належить, ймовірно, ендотеліальній ізоформі NOS у зв'язку з вірогідно більш високою виразністю вазодилатаційної реакції плечової артерії після проби з реактивною гіперемією в осіб з більш високими адаптивними можливостями системи кровообігу.

### **Список літератури**

1. Сагач В.Ф. Пригнічення відкривання мітохондріальної пори екдистероном у серці старих щурів / В.Ф. Сагач, Ю.П. Коркач, А.В. Коцюруба [та ін.] // *Фізіологічний журнал*. – 2008. – Т. 54, № 4. – С. 3-11.
2. Defron D.T. Role of nitric oxide in wound healing / D.T. Defron, D. Most, A. Barbul // *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*. – 2000. – 3, № 3. – P. 197-204.
3. Clarkson P. Exercise training enhances endothelial function in young men / P. Clarkson, H.E. Montgomery, M.J. Mullen [et al.] // *J Am Coll Cardiol*. – 1999. – Vol. 33. – P. 1379-1385.
4. Ziche M. Nitric oxide synthase lies downstream from vascular endothelial growth factor-induced but not basic fibroblast growth factor-induced angiogenesis / M. Ziche, L. Morbidelli // *J. Clin. Invest.* – 1997. – 99, № 11. – P. 2625-2634.
5. Kingwell B.A. Nitric oxide-mediated metabolic regulation during exercise: effects of training in health and cardiovascular disease / B.A. Kingwell // *FASEB Journal*. – 2000. – 14. - P. 1685-1690.
6. Богдановська Н.В. Особливості функціонального стану судинного ендотелію при систематичних фізичних навантаженнях / Н.В. Богдановська, М.В. Маликов // *Фізіологічний журнал*. – 2008. – Т. 54. - № 4. – С. 44-46.
7. Богдановська Н.В. Синтез оксиду азоту у період довгострокової адаптації до інтенсивної м'язової роботи у спортсменок / Н.В. Богдановська, Г.М. Святодух, А.В. Коцюруба [та ін.] // *Фізіологічний журнал*. – 2009. – Т. 55, № 3. – С. 94-99.
8. Богдановская Н.В. Оценка роли сосудистого эндотелия в обеспечении физической подготовленности девушек-волейболисток на этапе интенсивной соревновательной деятельности / Н.В. Богдановская, Н.В. Маликов, А.Н. Святодух // *Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки*. – 2008. - № 1. – С. 40-43.
9. Баевский Р.М. Донозологическая диагностика в оценке состояния здоровья / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева // *Валеология: диагностика, средства и практика обеспечения здоровья*. – СПб.: Наука, 1993. – С. 33.
10. Казначеев В.П. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения / Казначеев В.П., Баевский Р.М., Берсенева А.П. – Л.: Медицина, 1980. – 208 с.

11. Маліков М.В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті / Маліков М.В., Богдановська Н.В., Святьєв А.В. – Запоріжжя : ЗНУ, 2006. – 195 с.
12. Маликов Н.В. Современные проблемы адаптации / Н.В. Маликов, Н.В. Богдановская. – Запорожье: ЗНУ, 2007. – 257 с.
13. Айдаралиев А.А. Комплексная оценка функциональных резервов организма / А.А. Айдаралиев, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева [и др.]. – Фрунзе: Илим, 1988. – 196 с.
14. Митьков В.В. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике / В.В. Митьков, В.А. Сандрикова. – М.: Видар, 1998. – 360 с.

**Богдановская Н.В. Оксид азота как регулятор адаптивных возможностей организма практически здоровых юношей и девушек / Н.В. Богдановская // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С.3-11.**

Проведено исследование системы синтеза оксида азота практически здоровых юношей и девушек в возрасте 20-25 лет (62 человека). Установлено, что независимо от пола, снижение адаптивных возможностей у этих лиц сопровождается снижением активности конститутивной и суммарной NOS, аргиназы, нитратредуктазы, ростом активности индуцибельной NO-синтазы, увеличением ее доли в общем пуле NO-синтазы и выраженным снижением вазодилатационной реакции плечевой артерии на искусственно созданную гиперемию. Показано, что основной вклад в общий синтез NO в организме лиц с высоким уровнем адаптивных возможностей сердечно-сосудистой системы вносит окислительный кальцийзависимый путь образования оксида азота при участии cNOS.

**Ключевые слова:** оксид азота, адаптивные возможности, сердечно-сосудистая система, функциональная взаимосвязь, юноши и девушки, 20-25 лет.

**Bogdanovskaya N.V. Nitric oxide as a regulator of adaptive capacity of the organism of practically healthy youth and girls / N.V. Bogdanovskaya // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 3-11.**

This research of nitric oxide synthesis system of practically healthy youth and girls aged 20-25 years (62 persons). Regardless of sex, reducing the adaptive capacity of these individuals is accompanied by decreased activity of the constitutive and total NOS, arginase, nitrate reductase, increased activity of inducible NO-synthase, increased its share in the total pool of NO-synthase and a pronounced decrease in vasodilation reaction of brachial artery at an artificially created congestion is founded. The main contribution to the total synthesis of NO in the body of persons with high levels of adaptive capacity of the cardiovascular system makes the oxidation calcium dependent pathway of nitric oxide synthesis with the participation of cNOS is shown.

**Keywords:** Nitric oxide, adaptive capacity, cardio-vascular system, the functional relationship, youth and girls, 20-25 years.

*Поступила в редакцию 21.11.2012 г.*

**УДК 599.42**

## **РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ КОНТАКТ-ЦЕНТРА ПО РУКОКРЫЛЫМ (УКРАИНА)**

*Годлевская Е.В.*

*Институт зоологии им. И.И. Шмальгаузена НАН Украины, Киев, Украина  
E-mail: igodlevska@izan.kiev.ua*

Рассмотрены и проанализированы данные, собранные в ходе работы контакт-центра по рукокрылым. В 2009–2012 гг. автором получено около 400 обращений, связанных, в основном, с попаданием летучих мышей в помещения, обнаружением зверьков на земле и с колониями в зданиях. В результате работы контакт-центра собран материал по 201 регистрации 8 видов: *Plecotus auritus*, *P. austriacus*, *Nyctalus noctula*, *Pipistrellus nathusii*, *P. kuhlii*, *Vespertilio murinus*, *Eptesicus serotinus*, *E. nilssonii*. Показано, что контакт-центры могут быть действенным инструментом сохранения и популяризации рукокрылых. Кроме того, работа таких центров позволяет накапливать фаунистические данные, а также, в определенной мере, фиксировать изменения, которые могут происходить и происходят в отношении зон распространения, численности и статуса некоторых видов.

**Ключевые слова:** контакт-центр, рукокрылые, фауна, охрана, реабилитация, мониторинг.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Все виды рукокрылых фауны Украины занесены в национальную Красную книгу, а также имеют охранный статус согласно трем международным соглашениям, подписанных и ратифицированных Украиной (EUROBATS, Боннская и Бернская конвенции) [1]. Одной из задач практической охраны рукокрылых является популяризация этой, одной из наименее известной населению, группы млекопитающих. С этой целью в течение нескольких лет автор ведет контакт-центр (или открытую линию) по рукокрылым. Данная статья посвящена рассмотрению фаунистических данных, накопленных в процессе работы центра, а также оценке целесообразности и необходимости его существования с позиций практической природоохраны.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Контакт-центр функционирует с 2005 г. в телефонном и e-мейл режимах. Координаты контакт-центра с предложением обращаться относительно любых вопросов, касающихся летучих мышей, размещены в нескольких источниках [2]. Систематическая регистрация всех обращений начата с 2009 г.

Обращения обрабатывали по единому образцу и вносили в базу данных. Регистрировали: дату, местоположение и контактные данные обращающегося, суть обращения, при наличии — информацию относительно животных (вид, количество, пол, пр.). Все обращающиеся получали консультативную или контактную помощь. Последнее относится к случаям передачи животных для реабилитации. В Киеве (а

также в некоторых других городах) животных, требующих реабилитации, передавали автору; после передержки их выпускали в природу. В ряде случаев была организована передача животных зоологам и волонтерам в Одессе, Львове, Днепропетровске, Черкассах, Донецке, Луганске, а также переадресация обращений специалистам в Харькове и Ростове-на-Дону. Обращающихся также просили прислать фотоснимки найденных животных. Определение вида по фотографиям (или видео-записям) требует опыта и осторожности, однако в большинстве случаев возможно. Присланные фотографии и видео-материалы хранятся в базе регистраций. Реабилитационную помощь, в основном, оказывали животным, обнаруженным в зимний период, а также животным, имеющим травмы. (Здесь и далее под зимним периодом мы рассматриваем период с конца октября по середину марта). В теплое время года обращающимся по поводу найденных летучих мышей предлагали их выпустить.

В базу вошли только данные по вопросным обращениям в контакт-центр. Сообщения коллег о находках и наблюдениях рукокрылых в базу не включали. Исключение составляют обращения коллег, связанные с передачей животных для реабилитации, или за консультацией, например, относительно передержки. Однако доля таких обращений невелика. Т. е. большинство обращений получено от совершенно незнакомых людей.

Ввиду того что обращения начали фиксировать, начиная с 2009 года, то ниже проводится анализ и рассмотрение результатов работы контакт-центра только за период с 01.01 2009 г. по 25.11 2012 г.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В течение рассматриваемого периода поступило 394 обращения. Их можно сгруппировать по следующим категориям: 1) что делать с летучими мышами, найденными в зимний период; 2) что делать с летучими мышами, обнаруженными в теплое время года; 3) что делать с колонией в здании; 4) прочее. Большинство обращений относятся к трем первым ситуационным категориям. Значительная часть обращений относится к обнаружению случайно залетевших летучих мышей в помещениях (жилых, офисных, складских и т.д.) и находкам зверьков на земле.

Большинство обращений получено из Украины – 362. Также обращения поступали из России – 13, Беларуси – 1, Молдавии – 1, Латвии – 1; в остальных случаях — страна не определена.

В Украине обращения поступили из 21 области и АР Крым (рис. 1). Наибольшее число обращений получено из Киевской области, при этом 95% из них — непосредственно из г. Киева. Все остальные области значительно уступают Киевской. Однако из анализируемой выборки можно исключить Харьковскую область, где уже много лет работает (и известна населению) группа специалистов-хироптерологов (А.С. Влащенко, А.С. Гукасова и др.), к которым жители обращаются напрямую. По Украине обращения получены из 63 населенных пунктов (рис. 1). Около 85% обращений – из городов, являющихся областными центрами; 13% – из прочих городов или поселков городского типа.

В течение рассматриваемого периода произошло значительное увеличение числа обращений: в 2009 г. зарегистрировано 15 обращений, в 2010 г. – 67, в 2011 г. – 135, в 2012 (по 25.11) – 177. Возросло и количество случаев передачи животных для контактной реабилитации. Зимой 2009/2010 гг. – автору передано около 20 животных, зимой 2010/2011 гг. – 30, зимой 2011/2012 гг. – более 100. В целом, можно прогнозировать, что число обращений в будущем будет расти.

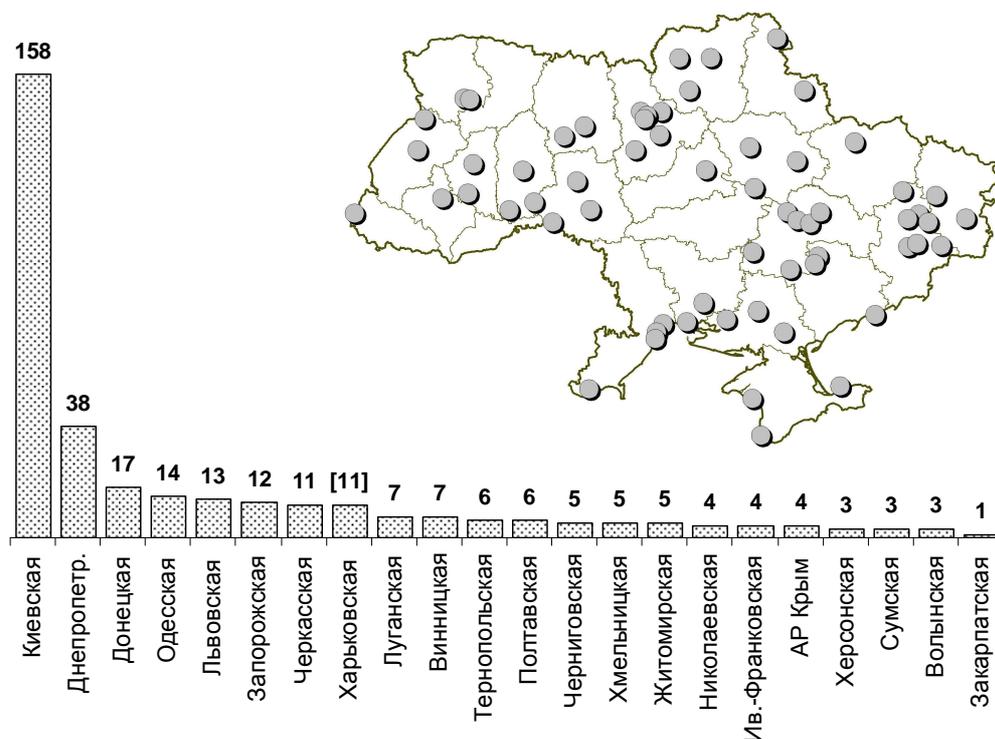


Рис. 1. География и количество обращений по разным областям Украины.

География и статистика обращений свидетельствуют о том, что контакт-центр востребован. Доступность информации о рукокрылых, возможность задать вопрос и оперативно получить экспертный ответ — важны для решения возможных конфликтных ситуаций, сохранения существующих убежищ, а также для преодоления негативного отношения к этой группе животных со стороны населения. Следовательно, контакт-центры могут быть действенным инструментом сохранения и популяризации рукокрылых.

В половине случаев обращений было возможным идентифицировать вид животных. Сюда входят случаи передачи животных для контактной реабилитации, а также случаи, когда обращающиеся присылали фото- и видео-материалы, позволяющие надежно определить вид. В результате, собран материал по 201 регистрации 8 видов: *Plecotus auritus*, *Plecotus austriacus*, *Nyctalus noctula*,

*Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus kuhlii*, *Vespertilio murinus*, *Eptesicus serotinus*, *Eptesicus nilssonii* (рис. 2).

Наибольшее количество регистраций относится к *N. noctula*, однако оно включает определенный процент повторных обращений. Это связано с тем, что рыжие вечерницы часто зимуют большими колониями, размещаясь из года в год в одних и тех же убежищах. Соответственно, в одном и том же локусе зверков могут подбирать по несколько раз за зиму. В случае с остальными видами количество обращений практически равно числу (разных) локусов, в которых животных находили.

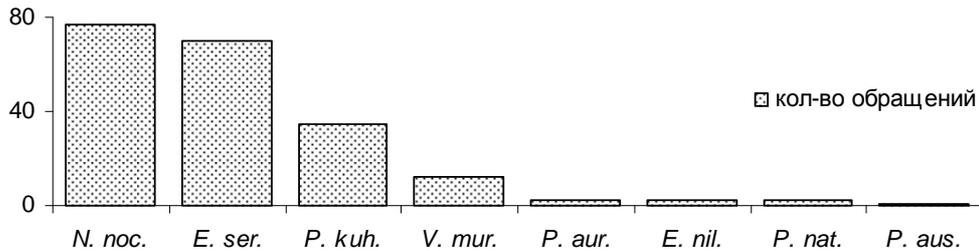


Рис. 2. Обращения с идентифицированным видом (n=201).

Большинство случаев идентифицированных до вида животных относятся к зимнему сезону. Зимой люди имеют дело чаще всего с малоподвижными животными, которых проще сфотографировать. Помимо этого, зимой выпуск животных невозможен — контакт длится дольше, и больше возможностей сделать фотографию. В летнее же время в большинстве случаев речь идет о встречах с залетевшими в помещения активными животными, которых, после поимки, сразу выпускают на улицу.

В ряде случаев полученные благодаря обращениям сведения являются первыми в своем роде. Так целый ряд регистраций относятся к первым находкам видов для того или иного региона или сезона. Некоторые регистрации стали первыми сведениями по рукокрылым отдельных регионов. Благодаря обращениям стало возможным выявление целого ряда убежищ колоний рукокрылых. Ниже приводим перечни регистраций по каждому виду. Перечни отсортированы по: областям, населенным пунктам и хронологии; F – самка, M – самец, U – пол не известен.

**Ушан бурый *Plecotus auritus* (Fischer, 1829) и ушан серый *Plecotus austriacus* (Linnaeus, 1758).** Первый вид отмечен дважды, в двух пунктах. Регистрация в Носовке относится к первым фактическим данным по рукокрылым района. *P. austriacus* отмечен единожды.

*P. auritus*: **Украина: Киевская обл.:** г. Ирпень: 1F (04.04.2011 на земле). **Черниговская обл.:** г. Носовка: 1U (04.02.2012 в погребке на зимовке). *P. austriacus*. **Украина: Львовская обл.:** г. Львов: 1U (20.11.2012 в здании хостела; det. А.В. Кусьнеж).

**Вечерница рыжая** *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774) — 78 обращений из 16 населенных пунктов. До относительно недавнего времени массовая зимовка этого вида-мигранта в пределах Украины была известна в Закарпатье и Южной Украине [3]. Благодаря обращениям 2009–2012 гг. впервые отмечено нахождение вида на зимовке в целом ряде пунктов Винницкой, Днепропетровской, Донецкой, Киевской, Луганской, Тернопольской и Хмельницкой областей. Вид также впервые отмечен на зимовке в Молдавии, где ранее зимой его не находили [4]. Во многих случаях, благодаря обращениям, локализованы зимовочные колонии вида. В целом, новые регистрации существенно дополнили данные по продвижению северной границы зимовочной области рыжей вечерницы [5].

Почти все обращения касаются находок зверьков в пределах населенных пунктов на земле или в надземных помещениях / на балконах. Одно обращение поступило по колонии, обнаруженной в дупле спиленного дуба (автору была передана часть колонии: животные, получившие серьезные травмы).

Примечание. Нередки случаи, когда зимовочные колонии рыжих вечерниц располагаются в нескольких соседних домах. В таком случае мы их объединяли в один локус (Лос.). В цифры по Киеву включены животные, найденные погибшими.

**Украина:** **Винницкая обл.:** г. Винница: Лос. 1: 1U (09.02.2011; фотография одной особи, описано нахождение в здании >10 ос.); Лос. 2: 1F (24.02.2012). **Днепропетровская обл.:** г. Днепродзержинск: 1F (17.12.2011). **Донецкая обл.:** г. Константиновка: 1U (05.12.2011). **Закарпатская обл.:** г. Ужгород: колония между оконными рамами (декабрь 2010) [6]. **Киевская обл.:** г. Белая Церковь: 1F (22.02.2012), г. Бровары: 1M (01.12.2010), г. Киев: Лос. 1: 8M (30.01–09.03.2010), 3M, 2F (01.01.2011–14.03.2011), 11M, 2F (18.01–11.03.2012); Лос. 2: 1M (28.12.2011); Лос. 3: 1M (19.02.2012); Лос. 4: 3M (26, 27.01.2010), 2F (03, 27.02.2012); Лос. 5: 1M (19.01.2011); Лос. 6: 3M, 1F (16, 20.12.2010); Лос. 7: 1M (14.04.2012); Лос. 8: 1M (04.11.2011); Лос. 9: 1M (26.12.2009); Лос. 10: 4U (02, 04.12.2011), 1F (11.03.2012); Лос. 11: 1M (06.12.2011); Лос. 12: 5M, 1F, 1U (11.04.2012; из колонии ~ 15 ос. в дупле спиленного дуба на северной окраине Киева); Лос. 13: 1M (24.03.2011); Лос. 14: 1M (23.12.2009); Лос. 15: 1M (23.03.2010), 4M, 4F, 3U (27.12.2010–11.03.2011), 52M, 15F (26.01.2012–14.03.2012). **Луганская обл.:** г. Северодонецк: Locus 1: 5U (10.11.2011), Locus 2: 1U (25.02.2011). **Львовская обл.:** г. Львов (21.02.2011; det. А. В. Кусьнеж). **Одесская обл.:** г. Одесса: 1M (20.03.2011; det. П. С. Панченко); 1U (15.03.2012). **Тернопольская обл.:** г. Тернополь: 1U (06.12.2010), 1U (07.10.2011 за обшивкой балкона вместе с 4 *P. kuhlii*). **Хмельницкая обл.:** г. Каменец-Подольский: 2M (29 и 30.01.2010 в каньоне р. Смотрич; вместе с погибшими); г. Хмельницкий: 1M (02.12.2010). **Черкасская обл.:** г. Черкассы: 1M (11.03.2011).

**Россия:** Северная Осетия: г. Владикавказ: 1U (04.02.2011 на земле возле многоэт. дома; описаны характерные признаки присутствия зимовочной колонии *N. noctula*).

**Молдавия:** г. Тирасполь: 1U (19.12.2009 возле многоэт. дома; описаны характерные признаки присутствия зимовочной колонии вида *N. noctula*).

**Нетопырь лесной** *Pipistrellus nathusii* (Keyserling & Blasius, 1839) — две регистрации в двух пунктах. Впервые отмечен в зимний период в Николаевской

области. Ранее зимние находки этого вида-мигранта были известны из Закарпатья, Крыма и Херсонской области [3, 7]. Находка в Николаеве, а также находка в конце октября 2011 г. в Херсоне (leg. П.С. Панченко, Е.В. Годлевская), позволяют предполагать, что вид постоянно зимует в Континентальном Причерноморье Украины.

**Украина: Волынская обл.:** с. Гаразджа Луцкого р-на: 1U (12-13.08.2012 в частн. доме; фотография одной особи, описано попадание нескольких). **Николаевская обл.:** г. Николаев: 1U (25.01.2012 пойман котом).

**Нетопырь белополосый *Pipistrellus kuhlii* (Kuhl, 1817)** — 35 регистраций в 17 населенных пунктах. В последние десятилетия для нетопыря белополосого отмечено значительное расширение границ ареала, которое, видимо, продолжается и в настоящее время. В результате работы контакт-центра вид впервые отмечен для Тернопольской и Житомирской областей. Все находки относятся к случаям обнаружения животных в пределах населенных пунктов: на земле; в помещении / на балконе; в полостях зданий (напр. за обшивкой балкона, между оконной коробкой и стеной здания, пр.) при проведении ремонтных работ. Ниже мы детали обнаружения животных опускаем, кроме случаев новых региональных регистраций.

**Украина: Днепропетровская обл.:** г. Верхнеднепровск: 1U (07.08.2011); г. Днепропетровск: 1F (02.12.2011), 1U (07.01.2012); г. Кривой Рог: 1U (15.01.2011); г. Новомосковск: 1F (15.12.2009); **Донецкая обл.:** г. Донецк: 1M? (12.11.2010; передан Б. Г. Мельниченко), 1U (14.02.2012), 1U (06.03.2012). **Житомирская обл.:** г. Чуднов: 5U (23.12.2011 при демонтаже окон); **Киевская обл.:** 1M, 1F (весна 2009), 1M (11.01.2010), 1M (26.01.2010), 1M (07.12.2010), 1M (27.12.2010), 1F (24.01.2011), 1F, 1U (31.09.2011), 1F (03.01.2012), 1U (14.10.2012), 1M (01.11.2012); с. Княжичи Броварского р-на: 1F (12.02.2010). **Крым:** г. Севастополь: 1U (01.11.2012); пос. Щелкино Ленинского р-на: 1U (01.02.2012). **Одесская обл.:** с. Вапнярка Коминтерновского р-на: 1M (17.03.2011; det. П. С. Панченко); г. Одесса: 1M (19.12.2009; det. П. С. Панченко), 1M (17.12.2011; det. П. С. Панченко), 2M (15, 29.01.2012; det. П. С. Панченко). **Тернопольская обл.:** г. Тернополь: 1U (15.02.2010), 4U (07.10.2011, найдены за обшивкой балкона вместе с 1 *N. nos.*); г. Залещики: 1M, 6F (16.02.2010, под оконной коробкой в гимназии; leg. А. К. Викирчак). **Херсонская обл.:** г. Каховка: 1U (03.11.2012). **Черкасская обл.:** г. Черкассы: 1F (11.01.2011), 1M (05.03.2011; det. А. А. Билушенко).

**Россия: Волгоградская обл.:** г. Волгоград: 1U (03.04.2012).

**Кожан двухцветный *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758** — 12 регистраций в 4 населенных пунктах. В последние десятилетия для этого вида-мигранта отмечено расширение зимовочной зоны [8]. В результате работы контакт-центра вид впервые отмечен зимой в Тернопольской области. Находка в Луганске является первой контактной регистрацией вида в регионе в зимний период. До этого вид здесь был известен по регистрациям брачной песни самцов [8, 9]. Регулярные находки вида в зимний период в Киеве являются еще одним доказательством того, что вид зимует здесь постоянно [8].

**Украина: Киевская обл.:** г. Киев: 1М (02.01.2011 в подъезде многоэт. дома), 1М (26.05.2011 на земле), 1М (23.11.2011 в офис. помещ.), 1М (25.11.2011 в здании Кабмина), 1М (30.12.2011 в подъезде многоэт. дома), 1F (23.02.2012 в офис. помещ. многоэт. здания), 1М (11.08.2012 в офис. помещ.), 1F (15.08.2012 на земле под многоэт. зданием), 1М (25.11.2012 в коридоре 18-эт. жил. дома). **Луганская обл.:** г. Луганск: 1U (22.11.2012 на земле, предположительно выпал при замене окон в жилом многоэт. доме). **Львовская обл.:** г. Львов: 1М (12.04.2011 на земле; det. А. В. Кусьнеж). **Тернопольская обл.:** г. Тернополь: 1М (10.01.2010 на земле в центре города).

**Кожан поздний *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774)** — 70 регистраций в 15 населенных пунктах. Поздний кожан является оседлым видом; вся территория Украины входит в зону его распространения. В целом, все находки были географически ожидаемы, однако некоторые из них стали дополнением к иногда единичным данным по хироцерофауне того или иного региона.

Поздних кожанов обнаруживали в разные сезоны либо на земле, либо в помещениях. Почти все известные места обнаружения в помещениях — в надземных частях зданий. Исключение составляет находка двух особей позднего кожана на зимовке в погребке в Чернигове (leg. А. Н. Федун).

**Украина: Днепропетровская обл.:** г. Днепропетровск: 1U<sub>juv</sub> (26.06.2011); г. Днепропетровск: 1F (09.01.2009), 1М (05.07.2011), 1М (02.12.2011), 5U (01–28.02.2012), 1U (26.03.2012). **Донецкая обл.:** г. Донецк: 1М (25.11.2010; det. Б. Г. Мельниченко); 1U (01.11.2012). **Житомирская обл.:** г. Житомир: 1U (03.12.2010). **Запорожская обл.:** г. Запорожье: 1U (27.01.2010), 1U (04.11.2012). **Киевская обл.:** г. Киев: 1U (04.01.2009), 1F (02.11.2009), 1U, 1М (16, 23.12.2009), 1М (15.02.2010), 1F, 1М (05, 12.03.2010), 1М (12.04.2010), 1U (июнь 2010), 2М, 1F (25, 27.10.2010), 1М, 2F (02–09.12.2010), 2М, 3F (04.01–09.02.2011), 1М, 1F (05, 06.03.2011), 1М (24.03.2011), 1М (26.05.2011), 2М (14, 24.06.2011), 1U, 1М (05, 11.08.2011), 1F<sub>sd</sub> (24.08.2011), 1U (10.11.2011), 1М (08.12.2011), 8М, 2F (21.01–27.02.2012), 1М (16.03.2012), 1М (11.07.2012), 1F (25.11.2012). **Луганская обл.:** г. Луганск: 1М (16.02.2012; det. И. В. Загороднюк). **Львовская обл.:** г. Львов: 1U (21.01.2011), 1U (06.09.2012). **Николаевская обл.:** г. Очаков: 1М (05.08.2010). **Одесская обл.:** г. Одесса: 1М (10.11.2011; det. П. С. Панченко). **Сумская обл.:** г. Сумы: 1U (17.12.2009). **Херсонская обл.:** г. Херсон: 1U (23.12.2009). **Черкасская обл.:** г. Черкассы: 1U (08.11.2011), 1М (28.12.2011; det. А. А. Билушенко). **Черниговская обл.:** г. Чернигов: 2U (06.02.2012 в погребке дет. садика; leg. А. Н. Федун).

**Россия: Белгородская обл.:** г. Белгород: 1U (03.02.2012).

**Кожанок северный *Eptesicus nilssonii* (Keyserling & Blasius, 1939)** — две регистрации в двух пунктах. Особый интерес представляет находка в Киеве, уже описанная А.Е. Зыковым [10]. Она дополняет небольшой список регистраций северного кожана в Украине. Кроме того, она является второй регистрацией вида в Киевской области, первая — в 1985 г. — сделана севернее Киева [11]. Хотя находка 2010 г. подтверждает нахождение вида в области, по сумме всех данных на сегодня этот вид здесь можно рассматривать как исключительно редкий или залетный.

**Украина: Киевская:** г. Киев: 1F (27.01.2010 в Красном корпусе КНУ, на лестничной площадке, примыкающей к чердачному помещению).

**Латвия:** г. Рига: 1U (03.07.2010).

### **ВЫВОД**

Представленные данные демонстрируют, что работа контакт-центров связана с возможностью накапливать фаунистические данные, а также выявлять и отслеживать изменения, которые происходят или могут происходить, в отношении распространения, численности и статуса некоторых видов. Причем речь идет о накоплении данных, которые в текущей ситуации и (или) в целом не могут быть собраны иным способом. Таким образом, контакт-центры могут в определенной мере реализовывать задачи мониторинга фауны, в частности рукокрылых.

Работа контакт-центра по рукокрылым неизбежно связана с физической реабилитацией этих животных. С одной стороны, спасение нескольких особей летучих мышей не имеет существенного значения для состояния популяции того или иного вида. С другой стороны, люди, занимающиеся реабилитацией рукокрылых, могут иметь дело и с гораздо большим количеством животных. Самый показательный в этом отношении случай имел место в 2007 г., когда в феврале было уничтожено убежище зимней колонии рыжей вечерницы, численностью более 600 особей [12]. В таких случаях успешная реабилитация животных может быть значимой для состояния популяции. Кроме того, реабилитация рукокрылых несомненно выполняет эко-образовательную функцию.

В 1998–2009 гг. при Киевском зоопарке функционировал «Центр реабілітації кажанів» [13]. Однако на сегодня реабилитация рукокрылых в Украине, равно как и консультирование населения, ведутся исключительно на волонтерских началах.

Учитывая то, что контакт-центры и центры реабилитации важны для сохранения и мониторинга рукокрылых, целесообразно включить пункт об их развитии и поддержке со стороны государства в национальные природоохранные планы действий.

### **Благодарности**

Я благодарю П.С. Панченко (г. Одесса), А.В. Кусьнежа (г. Львов), Д.С. Ганжу, Д. Довлатову, С. Гридину-Чигорко (г. Днепропетровск), А.А. Билушенко (г. Черкассы), Б.Г. Мельниченко, Д.В. Пилипенко (г. Донецк), И.В. Загороднюка (г. Луганск), В.Е. Кирюшина, М.О. Ищенко, В.Н. Тыщенко, Е.Н. Улюру, А.И. Майстренко (г. Киев), А.К. Викирчака (г. Залещики), А.Н. Федуна (г. Чернигов) и других за помощь в решении вопросов по реабилитации животных.

### **Список литературы**

1. Фауна України: охоронні категорії. Довідник / [О.В. Годлевська, І.Ю. Парнікоза, В.Б. Різун та ін.] ; за ред. О. Годлевської, Г. Фесенка. — [Видання друге, перероблене та доповнене]. — Київ, 2010. — 80 с.
2. Кажани поряд з вами. — Український центр охорони кажанів, 2005–2012. — Режим доступу : <http://kazhan.org.ua/ukr/nearbats.htm>
3. Абеленцев В. І. Ряд рукокрилі, або кажани — Chiroptera / Фауна України / В.І. Абеленцев, Б.М. Попов. — Київ : Вид-во АН УРСР, 1956. — Том 1: Ссавці, вип. 1. — С. 229–446.

4. Млекопитающие / [Аверин Ю.В., Лозан М.Н., Мунтяну А.И., Успенский Г.А.]. — Кишинев : «Штиинца», 1979. — 188 с. — (Серия «Животный мир Молдавии»).
5. Godlevska L. Expansion of the winter range of *Nyctalus noctula* / L. Godlevska. — in. prep.
6. Зізда Ю. Тимчасова жива колекція вечірної рудої (*Nyctalus noctula*) як метод збереження популяції / Ю. Зізда, А. Крон, М. Маркович // Сучасні аспекти природничої музеології. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції. Київ-Канів, 11-13 вересня 2012 р. — Київ, 2012. — С. 88-90.
7. Стенько Р.П. Гельминтофауна рукокрылых Крыма / Р.П. Стенько, А.И. Дулицкий, О.В. Карпенко, В.П. Душевский // Зоол. журнал. — 1986. — Т. 65, вып. 8. — С. 1133-1139.
8. Godlevska L. Broadening of *Vespertilio murinus* winter range (Chiroptera): data from Ukraine / L. Godlevska // Vestnik zoologii. — in press.
9. Загороднюк І., Раритетна теріофауна східної України: її склад і поширення рідкісних видів / І. Загороднюк, М. Коробченко // Раритетна теріофауна та її охорона. — Луганськ, 2008. — 312 с. — С. 107-156. — (Праці Теріологічної Школи. Вип. 9).
10. Зыков А.Е. Кожанок северный (*Eptesicus nilssoni* (Keiserling, Blasius 1839) на Украине / А.Е. Зыков // Териофауна России и сопредельных территорий. Международное совещание (IX Съезд Териологического общества при РАН). — Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2011. — С. 182.
11. Миропольський В. Осіння знахідка *Eptesicus nilssonii* на Київщині / В. Миропольський // Міграційний статус кажанів в Україні. — Київ : Українське теріологічне товариство, 2001. — 172 с. — (Novitates Theriologicae. Pars 6).
12. Тищенко В.М. Перші знахідки *Vespertilio murinus* та *Nyctalus noctula* (Chiroptera) на зимівлі у м.Києві / В.М. Тищенко, О.В. Годлевська // Вестник зоологии. — 2008. — Т. 42, № 3. — С. 280.
13. Тищенко В. Діяльність центру реабілітації кажанів при Київському зоопарку / В. Тищенко, В. Негода // Актуальні питання вивчення та збереження біологічного різноманіття: Матеріали студентської наукової конференції (13 травня 2001 р.). — Київ : МСУ, 2001. — С. 37-39.

**Годлевська О.В. Результати роботи контакт-центру з рукокрилих (Україна) / О.В. Годлевська // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. — 2012. — Т. 25 (64), № 4. — С. 12-20.**

Розглянуто та проаналізовано дані, які зібрано у ході роботи контакт-центру з рукокрилих. У 2009–2012 рр. автором отримано близько 400 звернень, які пов'язані, в основному, з потраплянням кажанів у приміщення, виявленням тварин на землі та з колоніями у будівлях. В результаті роботи контакт-центру зібрано матеріал з 201 реєстрації 8 видів: *Plecotus auritus*, *P. austriacus*, *Nyctalus noctula*, *Pipistrellus nathusii*, *P. kuhlii*, *Vespertilio murinus*, *Eptesicus serotinus*, *E. nilssonii*. Показано, що контакт-центри можуть бути дієвим інструментом збереження та популяризації рукокрилих. Крім того, робота таких центрів дозволяє накопичувати фауністичні дані, а також, певною мірою, фіксувати зміни, які можуть відбуватися та відбуваються у відношенні зон поширення, чисельності і статусу деяких видів.

**Ключові слова:** контакт-центр, рукокрилі, фауна, охорона, реабілітація, моніторинг.

**Godlevska L.V. Results of the work of the bat contact-centre (Ukraine) / L.V. Godlevska // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. — Series: Biology, chemistry. — 2012. — Vol. 25 (64), No 4. — P. 12-20.**

Data collected in course of the work of the bat public contact-centre are considered and analyzed. During 2009–2012 the author received about 400 calls connected mostly with bats in rooms, bats found on the ground and colonies in buildings. Calls enabled to gather data on 201 records of 8 species: *Plecotus auritus*, *P. austriacus*, *Nyctalus noctula*, *Pipistrellus nathusii*, *P. kuhlii*, *Vespertilio murinus*, *Eptesicus serotinus*, *E. nilssonii*. It is shown that contact-centres may be an efficient instrument of bat conservation and bat popularization. Besides, the work of such centres enables to accumulate faunistic data and as well to fix changes which may occur and occur with ranges, quantity and status of certain species.

**Keywords:** contact-centre, bats, fauna, conservation, rehabilitation, monitoring.

Поступила в редакцію 10.11.2012 г.

**УДК 599.5:591.4**

## **НЕОБЫЧНОЕ СТРОЕНИЕ ТАЗОВОЙ КОСТИ У МОРСКОЙ СВИНЬИ *PHOSOENA PHOSOENA* (CETACEA, PHOCOENIDAE)**

*Гольдин П.Е.*

*Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: pavelgoldin412@gmail.com*

У морской свиньи обнаружена тазовая кость необычного строения – она несет отросток, представляющий собой рудимент бедренной, подвздошной или седалищной кости. Рудимент такого рода обнаружен у морских свиней впервые.

**Ключевые слова:** морская свинья, тазовый пояс, задняя конечность, рудимент.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Китообразные в ходе эволюции утратили задние конечности и, соответственно, их скелетные элементы. Последними в истории китами, у которых имелись свободные задние конечности, были, как считается на сегодняшний день, представители семейства *Basilosauridae* [1]. У *Neoceti*, к которым относятся и усатые, и зубатые киты, свободных задних конечностей нет, а сохраняются лишь тазовые кости, служащие для прикрепления мышц половых органов [2]. Эти кости разнообразны по форме, им свойственны межвидовая и внутривидовая изменчивость и половой диморфизм [3]. Однако, вместе с тем, у некоторых китов (в том числе, современных) описаны и скелетные элементы свободной конечности, и даже сами рудиментарные конечности, выступающие в виде выростов разной формы.

Целью данной работы является первое описание аномального строения тазовой кости у представителя семейства *Phocoenidae* – морских свиней.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

При поиске необычных особенностей строения тазовых костей исследованы кости 97 обыкновенных морских свиней *Phocoena phocoena* (Linnaeus, 1758) обоих полов возрастом от 0 до 14 лет, хранящиеся на кафедре зоологии ТНУ. В качестве сравнительного материала осмотрены тазовые кости афалины *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), высоколобого бутылконоса *Hyperoodon ampullatus* (Forster, 1770), кашалота *Physeter macrocephalus* Linnaeus, 1758, финвала *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Типичное строение тазовой кости морской свиньи изображено на рис. 1. Форма тазовой кости отличается сильной индивидуальной изменчивостью. Кость часто изогнута под тупым углом, направленным вниз. Эта черта, свойственная современным зубатым китам в целом, сильнее выражена у половозрелых самцов [4]. У самок тазовая кость может быть прямой, без изгибов. Изгиб может находиться как в задней (как у большинства китообразных), так и в передней части кости, что связано с деформацией кости в постнатальном онтогенезе.



Рис. 1. Тазовая кость взрослого самца морской свиньи.

У самки возрастом 3 года обнаружена необычная черта строения тазовой кости: в задней части на медиальной поверхности кости расположен короткий шиловидный отросток, направленный под острым углом вперед (рис. 2).

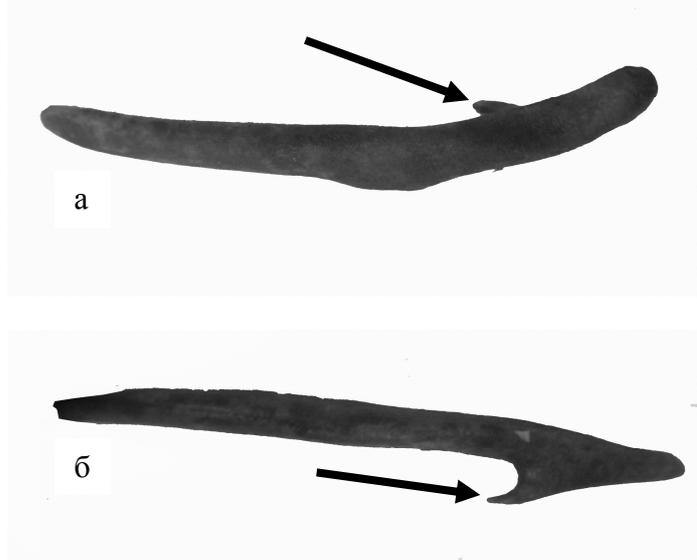


Рис. 2. Левая тазовая кость самки морской свиньи и отросток – рудимент бедренной кости: а – вид слева (латерально), б – вид снизу.

На основании отростка нет следов шва. На кости нет экзостозов и других признаков патологии, которые позволили бы объяснить появление аномального отростка.

Тазовые кости зубатых китов в норме не имеют никаких отростков. Строение тазовой кости морской свиньи (рис. 1) типично для зубатых китов в целом. В отличие от них, у усатых китов на кости имеется отросток (рис. 3), однако он расположен в средней части кости – там, где у зубатых китов кость изгибается, и форма этого отростка сильно отличается от описанной выше – он тупой, очень широкий и плоский.

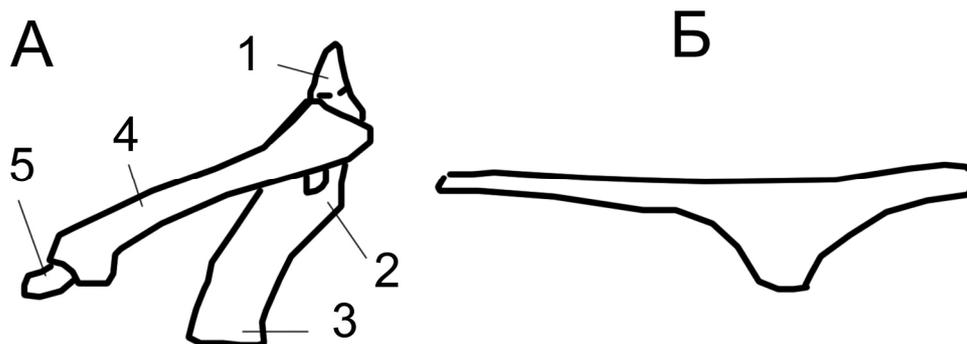


Рис. 3. Тазовая и бедренная кости китообразных (вид слева, латерально): А, *Basilosaurus isis* Andrews, 1904: 1 – подвздошная кость, 2 – седалищная кость, 3 – лобковая кость, 4 – бедренная кость, 5 – коленная чашечка (по [Gingerich, 1990]); Б, усатый кит – финвал *Balaenoptera physalus*.

Возможны два объяснения происхождения отростка на заднем конце тазовой кости.

1. Это рудимент бедренной кости. Рудименты такого рода сравнительно часто встречаются у усатых китов – и гладких китов (*Balaenidae*), и полосатиков (*Balaenopteridae*) [2, 5, 6]. Среди зубатых китов (*Odontoceti*) аномалии такого рода были описаны у кашалотов [7] и афалин [6]. Скелет задней конечности был полностью развит (хотя и редуцирован) у представителей ископаемого эоценового семейства *Basilosauridae* (рис. 3) – вероятных предков современных китов. Недостаток этого объяснения для нашего случая состоит в том, что и у кашалотов, и у полосатиков, и у базилозаврид бедренная кость расположена латерально по отношению к тазовой, как и у наземных млекопитающих, а у описанной морской свиньи отросток находится на медиальной стороне кости. У гладких китов бедренная кость может лежать медиально по отношению к тазовой, но в этом случае она располагается ближе к середине тазовой кости. Известны случаи срастания бедренной и тазовой костей у усатых китов, но при этом бедренная кость прирастает к тазу вентрально или постеролатерально, и всегда виден шов.

2. Это одна из костей тазового пояса, утраченная в ходе эволюции. Вопрос о генезисе тазовых костей у современных китов остается открытым. Интерпретация

передней части кости как рудимента подвздошной (ilium), изгиба – как лобковой (pubis) и задней части – как седалищной (ischium), уподобляющая китообразных сиреновым [2], не подкреплена эмбриологическими доказательствами. Ранний онтогенез тазовой кости китообразных изучен недостаточно. К моменту рождения кость представляет собой один очаг окостенения [8]. Учитывая это, а также топографию мышц, связанных с тазовой костью, высказывалось предположение о том, что в тазовой кости сохраняется лишь ischium, а остальные кости утрачены [9]. В то же время, у базилозаврид в тазовом поясе присутствовали все три кости, однако их топография была крайне необычной: по сравнению с наземными зверями, кость была перевернутой в передне-заднем направлении. Лобковая кость была удлинена и обращена вперед, а подвздошная – редуцирована, расположена на заднем краю таза и обращена назад и вверх [1] (рис. 3). Таким образом, отросток таза у морской свиньи соответствует положению подвздошной кости (ilium) у базилозаврид. Недостатки этого объяснения: неизвестно, действительно ли предки Neoceti обладали строением таза, характерным для *Basilosaurus isis*, так как базилозавр не был их прямым предком; возможно, эволюция их таза шла по другом пути. Кроме того, подобных отростков у других китообразных до сих пор не было известно.

Возможно также, что это рудимент седалищной кости: в пользу этой идеи говорит расположение ischium у базилозавра: именно так должна бы была выглядеть рудиментарная ischium при разомкнутом запирательном отверстии. В этом случае полностью требует пересмотра современное представление о том, что в тазе китообразных сохраняется прежде всего седалищная кость. Тогда основной костью таза Neoceti оказывается лобковая (pubis).

Наконец, если все же верна интерпретация О. Абеля [2] о гомологии переднего конца таза Neoceti подвздошной кости, то описываемый отросток оказывается рудиментом pubis. В пользу этой идеи может говорить строение таза у “*Eocetus wardii*” [10], занимающего по анатомии таза промежуточное положение между Protocetidae и *Basilosaurus* и, таким образом, возможно, близкого к предкам Neoceti: у этого китообразного уменьшенная седалищная кость занимает заднюю часть кости, а подвздошная – переднюю.

## ВЫВОД

Обнаруженная необычная вариация строения тазовой кости у морской свиньи представляет собой рудимент бедренной, подвздошной или седалищной кости. Из последней гипотезы следует, что кость, гомологичная всей или большей части тазовой кости современных китообразных, – это лобковая кость (pubis).

## Список литературы

1. Gingerich P. D. Hind limbs in Eocene Basilosaurus: evidence of feet in whales / Gingerich P. D., Smith B. H., Simons E. L. // Science. – 1990. – 249. – P. 154–157.
2. Abel O. Die Morphologie der Hüftbeinrudimente der Cetaceen / Abel O. // Denkschr. Kaiserl. Akad. Wiss. Wien. – 1907. – 81. – S. 139–195.

3. Andersen D. The use of pelvic bones in the harbour porpoise *Phocoena phocoena* as an indication of sexual maturity / Andersen D., Kinze C. C., Skov J. // *Lutra*. – 1992. – 35, 2. – P. 105–112.
4. Гольдин П.Е. Постэмбриональный рост морской свиньи *Phocoena phocoena relicta* Abel, 1905 в Азовском и Черном морях: исследование с анализом регистрирующих структур / Гольдин П.Е. – Автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.08 – зоология. – Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины, Киев, 2006. – 24 с.
5. Omura H. Preliminary report on morphological study of pelvic bones of the minke whale from the Antarctic / Omura H. // *Scientific Reports of the Whales Research Institute*. – 1978. – 30. – P. 271–279.
6. Thewissen J.G.M. From land to water: the origin of whales, dolphins and porpoises / Thewissen J.G.M., Cooper L.N., George J.C., Bajpai S. // *Evolution: Education and Outreach* 2009. – 2. – P. 272–288.
7. Берзин А.А. Кашалот / Берзин А. А. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 367 с.
8. Howell A.B. Aquatic mammals, their adaptation to life in the water. / Howell A.B. – Springfield: Thomas, 1930. – 338 p.
9. Simões-Lopes P. Notes on the anatomy, positioning and homology of the pelvic bones in small cetaceans (Cetacea, Delphinidae, Pontoporiidae) / Simões-Lopes P., Gutstein C. // *LAJAM*. – 2004. – 3(2). – P. 157–162.
10. Uhen M. D. New species of protocetid archaeocete whale, *Eocetus wardii* (Mammalia: Cetacea) from the middle Eocene of North Carolina / Uhen M. D. // *Journal of Paleontology*. – 1999. – 73. – P. 512–528.

**Гольдін П.Є. Незвичайна будова тазової кістки у морської свині *Phocoena phocoena* (Cetacea, Phocoenidae) / П.Є. Гольдін // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 21–25.**

У морської свині знайдена тазова кістка незвичайної будови – вона несе відросток, що є рудиментом стегнової, підвздошної або седалищної кістки. Рудимент такого рода вперше знайдено у морських свиней.

**Ключові слова:** морська свиня, тазовий пояс, задня кінцівка, рудимент.

**Gol'din P.E. Unusual anatomy of a pelvic bone in the harbor porpoise *Phocoena phocoena* (Cetacea, Phocoenidae) / P.E. Gol'din // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 21–25.**

A pelvic bone of unusual anatomy was found in a harbor porpoise: it bears a process, which is a rudiment of femur, ilium or ischium. Such a rudiment is found in porpoises for the first time.

**Keywords:** harbor porpoise, pelvis, hindlimb, rudiment.

*Поступила в редакцію 27.11.2012 г.*

**УДК 577.15:616.1-092.4:615.276**

## **ВПЛИВ КОРВІТИНУ НА АКТИВНІСТЬ ПРОТЕОЛІТИЧНИХ ФЕРМЕНТІВ У ЩУРІВ З АНТРАЦИКЛІНОВОЮ КАРДІОПАТІЄЮ**

*Гордієнко Ю.А., Кулініч А.А., Шаульська О.Е., Шевцова А.І.*

*ДЗ «Дніпропетровська медична академія», Дніпропетровськ, Україна  
E-mail: gordienko.ju@gmail.com*

Проведено дослідження активності трипсиноподібних ферментів (ТПА), матриксних металопротеїназ ММП2 та ММП9 у щурів з доксорубіцин-індукованою кардіопатією і оцінено вплив корвітину на їх активність. Експериментально доведено підвищення активності означених ферментів в крові при застосуванні доксорубіцину. Під дією корвітину ТПА не відновлювалась, а активність ММП2 та ММП9 знижувалась, причому активність ММП9 була нижчою за норму. У серцевому м'язі ТПА зменшувалась, а при застосуванні корвітину відновлювалась практично до нормальних значень. Зроблено висновок про незалежне функціонування трипсиноподібних ферментів та желатинази А і В за умов антрациклінової кардіопатії. Отримані дані дозволяють припустити, що одним з механізмів кардіотерапевтичного ефекту корвітину є зниження активності желатинази В.

**Ключові слова:** антрациклінові антибіотики, доксорубіцин, желатинази А і В, трипсиноподібні ферменти.

### **ВСТУП**

Застосування антрациклінових антибіотиків (АА) для лікування онкозахворювань обмежується їх високою токсичністю. Кардіопатія, що виникає на фоні прийому цих препаратів, зазвичай, є незворотним процесом і характеризується низкою метаболічних порушень у міокарді, супроводжуючись змінами активності кардіоспецифічних ферментів та білків у крові. Відомі на сьогодні біохімічні маркери кардіологічної патології не завжди відбивають ступінь ураження кардіоміоцитів, перебіг захворювання та ефективність лікування, тому зусилля дослідників спрямовані на пошук нових, значно чутливіших маркерів означеної патології. Останнім часом все більшу увагу привертають матриксні металопротеїнази (ММП) – ферменти, що гідролізують білки міжклітинного матриксу і регулюють обмін білків в клітинному оточенні. Підвищення активності ММП призводить до надмірної деструкції основних біополімерів екстрацелюлярного матриксу, дестабілізації та порушення структурної цілісності серцевого м'язу [1] і розвитку кардіопатії. Сімейство ММП містить біля 30 ферментів серед яких найбільш «популярними» в кардіології є желатинази А і В (ММП2 та ММП9, відповідно). Встановлено, що активність желатиназ у плазмі крові змінюється при різних формах серцево-судинних захворювань, проте, наведені у літературі дані досить суперечливі. За даними одних авторів рівень желатиназ підвищується при гострому коронарному синдромі і корелює зі ступенем

ураження міокарду [2], у той час як інші дослідники не знаходять суттєвих відмінностей у активності желатиназ при серцево-судинних захворюваннях [3].

Пошук препаратів, які б нівелювали або значно зменшували небажаний кардіотоксичний вплив АА, оптимізуючи метаболізм кардіоміоцитів, та дозволили б зберегти нормальну скорочувальну здатність міокарду, є актуальною задачею. Перспективним препаратом в цьому відношенні вважають корвітин – водорозчинний комплекс біофлавоноїду кверцетину з полівінілпіролідом. Відомо, що цей препарат проявляє антиоксидантну дію, знижує ступінь активації ПОЛ та прояви дисфункції лівого шлуночку за умов антрациклінової терапії [4]. Однією з властивостей кверцетину є його спроможність виступати у якості скавенджера АФК, гальмуючи прозапальні процеси [5], що також призводить до зменшення ушкоджуючої дії АА. Незважаючи на чисельну кількість досліджень, вплив цього препарату на процеси протеолізу у кардіоміоцитах та екстрацелюлярному матриксі не визначено.

Метою нашої роботи було оцінити активність трипсиноподібних ферментів, матриксних металопротеїназ ММП2 та ММП9 в плазмі крові та гомогенаті серцевого м'язу щурів за умов доксорубіцин-індукованої кардіопатії і визначити вплив корвітину на активність означених ферментів.

## **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

Експеримент проводили на самцях щурів лінії Wistar вагою  $210 \pm 50$  г. Тварин розділили на 3 групи по 8 щурів. У групах, крім контрольної, була застосована модель КП [6], для чого шурам щотижня впродовж чотирьох тижнів вводили доксорубіцин (Доксорубіцин-КМП, доксорубіцину гідрохлорид, ВАТ «Київмедпрепарат», Україна) у дозі 1 мг/кг. Другу групу склали тварини з індукованою КП, 3 – щури, що за 30-60 хвилин перед введенням доксорубіцину (ДР) отримували корвітин (Борщагівський хіміко-фармацевтичний завод, Україна) внутрішньочеревно в дозі 5 мг/кг. Інтактні щури замість ДР отримували ін'єкції фізіологічного розчину. На п'ятому тижні експерименту тварин було декапітовано з використанням тіопенталу натрію (60 мкг/кг) згідно принципів Хельсинської декларації щодо гуманного поводження з дослідними тваринами.

Активність серцево-специфічних ферментів у плазмі крові піддослідних щурів визначали за допомогою тест-наборів Elitech diagnostics (Seppim S.A.S., Франція) на напівавтоматичному біохімічному аналізаторі ВА-88 Mindray (Китай). Для оцінки активності аспартатамінотрансферази (АсАТ) і МВ форми креатинкінази (КК-МВ) застосовували відповідні кінетичні методи, ЛДГ – метод на основі оптичного тесту Варбурга з L-лактатом у якості субстрату. Для дослідження кількості білку використовували біуретовий метод. Всі аналізи проведено згідно інструкцій до наборів реактивів та аплікаційних програм щодо їх застосування на аналізаторі ВА-88.

Активність желатиназ в плазмі щурів оцінювали методом прямої ензим-зимографії з попереднім вертикальним електрофорезом зразків плазми у 10 % поліакриламідному гелі з додецилсульфатом натрію та додаванням 1 % желатини як субстрату [7]. Дія цих ферментів проявлялась як прозорі зони лізису на синьому фоні, причому ступінь знебарвлення цих зон була пропорційна активності

ферменту. Відповідність зон проММП9, ММП9, проММП2 і ММП2 визначали за допомогою маркерів Bio-Rad Lab (Німеччина) та позитивного контролю на ці ферменти Sigma (США). Отримані зимограми сканували і далі проводили кількісну оцінку активності желатиназ за допомогою комп'ютерної програми Sorbfil 2.0, розраховуючи відсоток активності цих ферментів у експериментальних тварин відносно стандартного зразка, в якому активність кожної желатинази була прийнята за 100 %. Цей стандарт готували шляхом змішування однакових об'ємів (по 50 мкл) зразків плазми інтактних щурів контрольної групи. Отриманий стандарт розливали по аліквотах, заморожували і зберігали впродовж 6 місяців при температурі -32 °С. Кожного разу при проведенні ензим-зимографії аліквоту розморожували і вносили 10 мкл стандарту в одну з лунок поліакриламідного гелю, в інші лунки вносили по 10 мкл зразків плазми експериментальних тварин.

Гомогенат тканин отримували шляхом розтирання їх зі скляним піском у холодному 0,025 М трис-НСl буфері з рН 7,2 у співвідношенні 1:4 та подальшим центрифугуванням впродовж 5 хвилин при 8000 об/хв. Отриманий супернатант відбирали для подальших досліджень.

Концентрацію трипсиноподібних ензимів досліджували використовуючи синтетичний безбарвний субстрат бензоїларгінін-р-нітроанілід з утворенням забарвленого в жовтий колір п-нітроаніліну, кількість якого визначали на мікропланшетному рідері Human при довжині хвилі 410 нм.

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою програм Statwin та Excel, використовуючи t-критерій Стьюдента та U-критерій Уїлкоксона (Манна-Уїтні). Вірогідними вважали результати при  $p \leq 0,05$ .

## **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

Антибіотики антрациклінового ряду, що широко використовуються в терапії злоякісних новоутворень призводять до чисельних ускладнень. Найбільш загрозливим для життя пацієнтів є розвиток кардіопатії, що характеризується порушенням контрактильної властивості серцевого м'язу, збільшенням післянавантаження на міокард, зростанням розміру лівого шлуночка [8]. Одним з основних чинників зазначених ускладнень є активація перекисного окислення ліпідів і утворення активних форм кисню (АФК), що негативно впливають на структуру мембран кардіоміоцитів. Доведена руйнівна роль АА стосовно внутрішньої мембрани мітохондрій кардіоміоцитів. Висока спорідненість АА до кардіоліпіну – основного фосfolіпиду внутрішньої мембрани мітохондрій – призводить до утворення комплексу АА-кардіоліпін, що здатен руйнувати мембрану мітохондрій кардіоміоцитів [9]. Підвищена проникність мембранної системи та інтенсифікація енергетичного обміну призводять до збільшення у крові активності стандартних серцево-специфічних біохімічних маркерів – АсАТ, ЛДГ, КК-МВ, що частково підтверджено і нашими даними. Як видно з рис. 1 при КП активність АсАТ та ЛДГ вірогідно збільшується. МВ-форма креатинкінази являється гострофазовим ферментом і підвищується у перші години ушкодження міокарду. Після другої доби активність КК-МВ зазвичай повертається до норми [10]. У нашому випадку активність цього ензиму знаходиться приблизно у тих же

межах, що і в групі інтактних тварин, що свідчить про перехід захворювання до кінця експерименту у хронічну стадію.

Для запобігання токсичному впливу АА використовують різноманітні кардіопротективні засоби, але більшість з них має свої обмеження у застосуванні. Проте привертає на себе увагу біофлавоноїд кверцетин, який практично не має побічної дії. Кардіопротективна дія цього препарату проявляється у нейтралізації АФК та поступовому блокуванні вільнорадикальної ліпопероксидації мембран. У нашому дослідженні ми використали комплексний препарат на основі кверцетину – корвітин. Під впливом цього препарату активність усіх вищезначених ферментів ( $p \leq 0,05$ ) вірогідно знижувалась. Зниження активності АсАТ та КК-МВ досягалося, швидше за все, мембраностабілізуючою дією корвітину. Зниження активності ЛДГ обумовлено здатністю препаратів кверцетину пригнічувати процеси гліколізу [11].

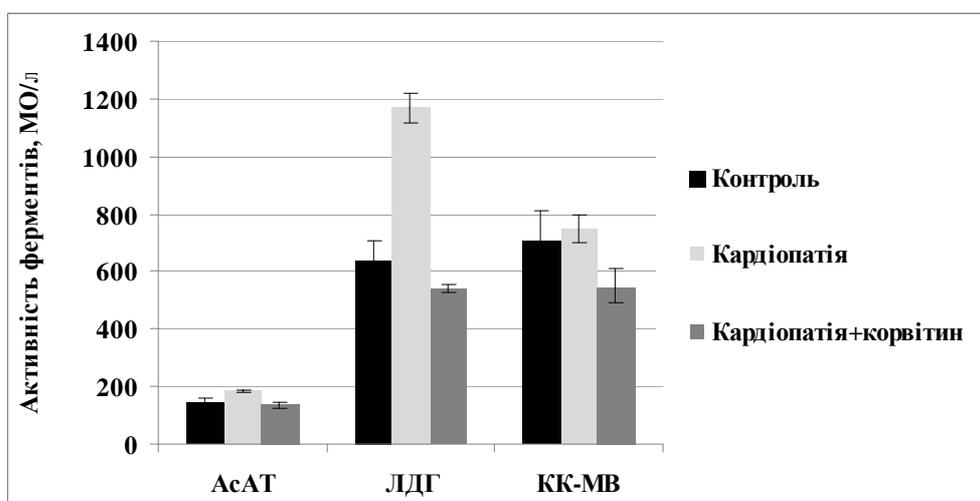


Рис. 1. Активність серцево-специфічних ферментів при доксорубіцин-індукованій кардіопатії у щурів.

Цікаві результати отримані при дослідженні активності трипсиноподібних (ТПА) ферментів у крові та серцевому м'язі експериментальних тварин (табл. 1). У плазмі крові рівень ТПА за умов КП збільшувався у 3 рази порівняно з нормою і не відновлювався при використанні корвітину. Концентрація загального білку плазми крові, навпаки, знижувалась у групі з КП і була найнижчою у щурів, що отримували корвітин одночасно із ДР. Найбільш високе співвідношення трипсин/білок спостерігалось у групі з ДР-індукованою КП. Враховуючи, що джерелом ТПА в крові, крім панкреатичних протеаз, є тромбін, калікреїн, тромбокіназа та плазмін, можна припустити, що введення корвітину призводить до активації систем коагуляції та фібринолізу. Застосування корвітину практично не впливало на співвідношення ТПА/білок, отже, корвітин не впливає на активність означених вище протеолітичних ферментів.

Іншим джерелом ТПА в крові може бути вихід внутрішньоклітинних ферментів у кровоносне русло, тому ми провели оцінку ТПА у гомогенаті серцевого м'язу. Як видно з наведених у табл.1 даних, рівень ТПА за умов КП знижувався у 2 рази, а при використанні корвітину відновлювався практично до нормального рівня. Концентрація загального білку в серцевому м'язі була вірогідно вищою у другій та третій групах, ніж у інтактних тварин, причому, найбільших значень вона досягала у 3 групі, що отримувала корвітин разом з доксорубіцином. На відміну від плазми крові, в серцевому м'язі спостерігається тенденція до відновлення співвідношення ТПА/білок під дією корвітину. Парадоксальна ситуація – зменшення ТПА в серцевому м'язі на тлі збільшення цього показника в крові – може мати тільки одне пояснення: під дією ДР частина внутрішньоклітинних трипсиноподібних ферментів поступає у кровоносне русло за рахунок ушкодження клітинних мембран. Застосування корвітину призводить до зменшення мембраноушкоджуючої дії ДР.

**Таблиця 1**

**Активність трипсиноподібних (ТПА) ферментів у плазмі крові та серцевому м'язі експериментальних груп щурів**

| Група тварин                            | Плазма крові   |              |                      | Гомогенат серцевого м'язу |                        |                    |
|---|----------------|--------------|----------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|
|   | Білок<br>мг/мл | ТПА МО/мл    | ТПА/білок<br>МО/мг   | Білок<br>мг/мл            | ТПА<br>МО/мл           | ТПА/білок<br>МО/мг |
| I група<br>(контроль)                   | 59,90±1,28     | 0,083±0,016  | 1,4×10 <sup>-3</sup> | 7,43±0,91                 | 1,39±0,12              | 0,192              |
| II група<br>(кардіопатія)               | 55,43±2,04     | 0,246±0,036* | 4,6×10 <sup>-3</sup> | 8,72±0,87                 | 0,67±0,04**            | 0,081**            |
| III група<br>(кардіопатія+<br>корвітин) | 48,30±2,32     | 0,237±0,050* | 4,2×10 <sup>-3</sup> | 10,02±0,30 <sup>§</sup>   | 1,13±0,06 <sup>§</sup> | 0,112 <sup>§</sup> |

*Примітка:* \* – вірогідна різниця у порівнянні з показниками контрольної групи при p≤0,05, \*\* – при p≤0,01; <sup>§</sup> – вірогідно по відношенню до групи з КП p≤0,05.

Для оцінки впливу ДР на деградацію білків в екстрацелюлярному матриксі використовували визначення матриксних металопротеїназ ММП2 та ММП9, або желатиназ. За фізіологічних умов желатинази синтезуються кардіоміоцитами у незначній кількості. При КП відбувається ремоделювання екстрацелюлярного матриксу, що супроводжується виразними змінами активності желатиназ (табл. 2). Посилення активності означених ензимів можна пояснити генеруванням значної кількості АФК при застосуванні АА. У свою чергу, АФК посилюють активність ядерного фактору транскрипції NF-κB та експресію прозапальних цитокінів, а саме ІЛ-6, які у різному ступені підвищують активність обох желатиназ [12].

**Таблиця 2**  
Відносна активність желатиназ (%) при доксорубіцин-індукованій кардіопатії у експериментальних щурів

| Група щурів                        | проММП9                   | ММП9        | проММП2      | ММП2        |
|------------------------------------|---------------------------|-------------|--------------|-------------|
| I група (контроль)                 | 104,00±8,18               | 98,33±4,53  | 98,00±2,94   | 97,33±1,19  |
| II група (кардіопатія)             | 182,67±29,78 <sup>§</sup> | 117,42±4,37 | 113,36±4,27  | 116,71±3,20 |
| III група (кардіопатія + корвітин) | 128,43±16,19*             | 76,88±3,66* | 117,60±11,69 | 107,50±6,37 |

*Примітка:* <sup>§</sup>  $p \leq 0,05$  – вірогідна різниця у порівнянні з показниками контрольної групи, \*  $p \leq 0,05$  – вірогідно по відношенню до групи з КП.

Відомо, що існує пряма кореляція між експресією желатиназ та стадією захворювання: сплеск експресії желатинази В супроводжує початковий етап захворювання, натомість експресія желатинази А посилюється при переході захворювання у хронічну стадію [13]. За умов нашого експерименту виявлене вірогідне підвищення активності прожелатинази В, що говорить про більш інтенсивну експресію цього ферменту при формуванні КП. Що стосується желатинази А, то підвищення активності цього ензиму при КП не було вірогідним. У період між 4 і 6 тижнями відбувається хронізація процесу та подальший перехід захворювання у стадію фіброзоутворення, що супроводжується посиленням експресії та активності ММП2 [14]. Варто відмітити, що на фоні антрациклінової КП при тривалості експерименту близько 6 тижнів, активність цього ензиму перевищує таку у інтактних тварин майже у 1,5 рази [15]. Згідно вищевказаного можна припустити, що незначне посилення активності желатинази А у межах нашого експерименту являється черговим етапом поступового підвищення активності цієї протеїнази.

Застосування корвітину на тлі КП у щурів призводило до істотного зниження активності ММП9 ( $p \leq 0,05$ ) у порівнянні з контрольною групою. Це узгоджується з даними інших дослідників, які показали, що кверцетин у мікромолярній концентрації здатен напряму інгібувати ММП9 і натомість посилювати експресію ТМПП1 [16].

#### ВИСНОВКИ

1. За умов антрациклінової кардіопатії спостерігаються зміни активності желатиназ та трипсиноподібних ферментів, причому, ці протеолітичні системи функціонують незалежно.
2. Застосування корвітину призводить до зменшення мембраноушкоджуючої дії антрациклінових антибіотиків, але не впливає на активність трипсиноподібних ферментів крові та клітин.

3. Значне падіння активності ММП9 за умов застосування корвітіну при антрацикліновому ушкодженні міокарду у щурів може свідчити про зниження інтенсивності процесів ремоделювання у серцевому м'язі.

#### Список літератури

1. Турна А.А. Матриксные металлопротеиназы и сердечно-сосудистые заболевания / Турна А.А., Торгузов Р.Т. // Артериальная гипертензия. – 2009. – Т. 16, № 6. – С. 532-538.
2. Tang Q.D. Plasma matrix metalloproteinases-2 and -9 levels are elevated in patients with acute coronary syndrome and coronary chronic total occlusion / Tang Q.D., Wu P.S., Hou Y.Q. et al. // 2009. – V. 29, № 5. – P. 1004-1007
3. Craciunescu I. Changes in plasma levels of MMP-9, MMP-7 and their inhibitors in patients with coronary artery disease / Craciunescu I., Serban M., Iancu M. et al. // Rom J Intern Med. – 2010. – V. 48, № 2. – P. 141-149.
4. Билык О.В. Биофлавоноид кверцетин и перспективы его использования в медицине / Билык О.В., Рыбальченко В.К., Романюк Б.П. // Загальна патологія та патологічна фізіологія. – 2007. – Т. 2, № 1. – С. 4-7.
5. Saragusti A.C. Inhibitory effect of quercetin on matrix metalloproteinase 9 activity molecular mechanism and structure-activity relationship of the flavonoid-enzyme interaction / Saragusti A.C., Ortega M.G., Cabrera J.L. et al. // Eur J Pharmacol. – 2010. – V. 10. – P. 138-145.
6. Капелько В.И. Метаболические и функциональные основы экспериментальных кардиомиопатий / Капелько В.И., Попович М.И. // Кишинев: Штиинца. – 1990. – С. 6-56.
7. Troeberg L. Current Protocols in Protein Science / Troeberg L., Nagase H. – 2003; 21.15.
8. Мохорт М.А. Кардіотоксичні ефекти доксорубіцину і доцільність їх фармакологічної корекції антагоністами кальцію дигідропіридинового ряду та активаторами АТФ-чутливих калієвих каналів гуанідового ряду / Мохорт М.А., Серединська Н.М., Киричок Л.М. // Фармакологія та лікарська токсикологія. – 2010. – Т. 4, № 17. –
9. Калинкина Н.В. Патогенез антрациклиновых повреждений сердца / Журн. АМН України. – 2005. – Т. 11, № 2. – С. 238–251.
10. Назаренко Г.И. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований / Г.И. Назаренко, А.А. Кишкун // М.: Медицина. – 2002. – 541с.
11. Билык О.В. Биофлавоноид кверцетин і перспективи його використання в медицині / Билык О.В., Рыбальченко В.К., Романюк Б.П. // Загальна патологія та патологічна фізіологія. – 2007. – Т. 2, № 1. – С. 4-9.
12. Куликов В.Ю. Роль окислительного стресса в регуляции метаболической активности внеклеточного матрикса соединительной ткани / Куликов В.Ю. – Эл. журнал НГМУ «Медицина и образование в Сибири». – 2009. – № 4.
13. Wang, W. Intracellular action of matrix metalloproteinase-2 accounts for acute myocardial ischemia and reperfusion injury / Wang, W., Schulze C.J., Suarez-Pinzon W.L. et al. // Circulation. –2002. –V. 106. – P. 1543-1549.
14. Matsumoto Y. Matrix Metalloproteinase (MMP)-9, but Not MMP-2, Is Involved in the Development and Progression of C Protein-Induced Myocarditis and Subsequent Dilated Cardiomyopathy / Matsumoto Y., Park II-Kwon, Kohyama K. // J Immunol. – 2009. – V. 183. – P. 4773-4781.
15. Гордієнко Ю.А. Зміни активності желатиназ у щурів з антрацикліновою кардіопатією при застосуванні нестероїдних протизапальних засобів та кверцетину / Гордієнко Ю.А., Чернов Є.А., Мамчур В.Й. та ін. // Біологічні студії. – 2010. – Т. 4, № 3. – С. 23-30.
16. Wang L Quercetin, a flavonoid with anti-inflammatory activity, suppresses the development of abdominal aortic aneurysms in mice // Wang L, Wang B, Li H. et al. // Eur J Pharmacol. – 2012. –V. 690, № 1. – P. 133-141.

Гордиенко Ю.А. Влияние корвитина на активность протеолитических ферментов у крыс с антрациклиновой кардиопатией / Ю.А. Гордиенко, А.А. Кулинич, О.Э. Шаульская, А.И. Шевцова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С.26-33.

Проведено исследование активности трипсиноподобных ферментов (ТПА) и матричных металлопротеиназ ММП2 и ММП9 у крыс с доксорубицин-индуцированной кардиопатией и оценено влияние корвитина на их активность. Экспериментально доказано повышение активности обозначенных ферментов в крови при использовании доксорубицина. Под действием корвитина ТПА не восстанавливалась, а активность ММП2 и ММП9 снижалась, причем активность ММП9 была ниже нормы. В сердечной мышце ТПА не уменьшалась, а при использовании корвитина восстанавливалась практически до нормальных значений. Сделан вывод о независимом функционировании трипсиноподобных ферментов и желатиназ А и В при антрациклиновой кардиопатии. Полученные данные позволяют предположить, что одним из механизмов кардиотерапевтического эффекта корвитина является снижение активности желатиназы В.

**Ключевые слова:** антрациклиновые антибиотики, доксорубицин, желатиназы А и В, трипсиноподобные ферменты.

Gordiyenko Yu.A. Impact of corvitin on proteolytic enzymes activity in rats with anthracycline cardiopathy / Yu.A. Gordiyenko, A.O. Kulinich, O.E. Shaulska, A.I. Shevtsova // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 26-33.

Activity of trypsin-like enzymes (TLA) and matrix metalloproteinases MMP2 and MMP9 in rats with doxorubicin-induced cardiopathy were investigated and effect of quercetin on their activity was estimated. Increased activity of the indicated enzymes in blood of rats treated with doxorubicin was proved. It is revealed that TLA was not restored under the action of corvitin, activity of MMP2 and MMP9 decreased, in addition MMP9 activity was less than normal values. TPA decreased in cardiac muscle, and under the treatment of corvitin it was restored almost to norm. A conclusion about the independent functioning of trypsin-like enzymes and gelatinases A and B in anthracycline cardiopathy was made. Data obtained suggest that one the mechanisms of cardiotherapeutical effect of corvitin is reducing of gelatinase B activity.

**Keywords:** anthracycline antibiotics, doxorubicin, gelatinases A and B, trypsin-like enzymes.

*Поступила в редакцию 12.11.2012 г.*

**УДК 581.132:632.954:633.15**

## **АЗОТФІКСУВАЛЬНА АКТИВНІСТЬ СОЇ ЗА СУМІСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ І МІКРОДОБРІВ**

*Гуральчук Ж.З., Сорокіна С.І., Родзевич О.П., Мордерер Є.Ю.*

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, Київ, Україна  
E-mail: azhanna@ukr.net*

Вивчали азотфіксувальну активність сої за сумісного застосування гербіцидів і мікродобрив. Безпосередньо після застосування бакової суміші гербіцидів хармоні і пульсар з добривами нутривант плюс олійний і реаком-СР-бобові спостерігалось короткочасне пригнічення азотфіксувальної активності сої. Однак у подальшому мікродобрива позитивно впливали на утворення бульбочок, їх масу й азотфіксувальну активність. Більш ефективним у відновленні азотфіксувальної активності було мікродобриво нутривант плюс олійний у дозі 2 кг/га.

**Ключові слова:** мікродобрива, гербіциди, соя.

### **ВСТУП**

Соя є цінною харчовою, кормовою та технічною культурою, площі посівів якої у світі і, зокрема, в Україні, стрімко розширюються. Водночас ця культура є дуже чутливою до забур'янення. Висока забур'яненість посівів призводить до значних втрат урожаю, які можуть сягати навіть 50-60 % [1]. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває боротьба із забур'яненістю посівів, і зокрема підвищення селективності дії гербіцидів щодо сої для зменшення їх фітотоксичного ефекту на культуру, оскільки поряд зі знищенням бур'янів може спостерігатись негативний вплив гербіцидів на рослини даної культури. Попередніми дослідженнями було встановлено, що за ефективністю контролювання бур'янів та селективністю щодо сої оптимальним є застосування суміші гербіцидів пульсар та хармоні [2]. Однак повністю виключити вірогідність негативного впливу гербіцидів на сою не вдалося. Окрім захисту від бур'янів, важливим є оптимальне забезпечення рослин сої усіма елементами живлення, і зокрема мікроелементами, які є необхідними для нормального перебігу багатьох фізіологічних процесів [3-9]. Разом з тим, на сьогодні спостерігається значний дефіцит у ґрунтах рухомих форм мікроелементів (В, Си, Zn, Mn, Со, Мо) [10-12]. Це може призводити до зниження врожайності та погіршення якості продукції, а також негативно діяти на активність корисної ґрунтової мікрофлори, зокрема на фіксацію азоту з атмосфери [13]. Окремі елементи мінерального живлення можуть вплинути на вибірну фітотоксичність гербіцидів. У зв'язку з цим метою роботи було дослідження селективності суміші гербіцидів пульсар та хармоні щодо рослин сої при комплексному застосуванні з мікродобривами.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Вивчення впливу гербіцидів і добрив на рослини сої проводили в умовах вегетаційного дослідження. Рослини сої сорту Васильківська вирощували на вегетаційному майданчику Інституту фізіології рослин і генетики НАН України у посудинах місткістю 8 кг ґрунту. У ґрунт вносили макроелементи за Гельрігелем, азот – у кількості 0,25 його норми у поживній суміші. Насіння перед посівом стерилізували 70 %-ним етанолом, промивали водою та інокулювали бульбочковими бактеріями *Bradyrhizobium japonicum* (штам 6346). Повторність дослідження – п'ятиразова. Рослини у фазі другого справжнього листка обробляли сумішшю гербіцидів окремо або з додаванням до неї добрив нутривант плюс олійний та реаком-СР-бобові.

Схема дослідження включала такі варіанти:

| №  | Варіант                                    | Норма внесення              |
|----|--|-----------------------------|
| 1  | Контроль                                   |                             |
| 2  | Хармоні + пульсар                          | 3 г/га + 0,5 л/га           |
| 3  | Нутривант плюс олійний                     | 2 кг/га                     |
| 4  | Нутривант плюс олійний                     | 3 кг/га                     |
| 5  | Реаком-СР-бобові                           | 2 л/га                      |
| 6  | Реаком-СР-бобові                           | 4 л/га                      |
| 7  | Хармоні + пульсар + нутривант плюс олійний | 3 г/га + 0,5 л/га + 2 кг/га |
| 8  | Хармоні + пульсар + нутривант плюс олійний | 3 г/га + 0,5 л/га + 3 кг/га |
| 9  | Хармоні + пульсар + реаком-СР-бобові       | 3 г/га + 0,5 л/га + 2 л/га  |
| 10 | Хармоні + пульсар + реаком-СР-бобові       | 3 г/га + 0,5 л/га + 4 л/га  |

У дослідженні використовували гербіцидні препарати пульсар 40 – водний розчин (імазамокс, 40 г/л) виробництва компанії BASF і хармоні 75 – водорозчинні гранули (тифенсульфуронметил, 750 г/кг) виробництва компанії «Дюпон». Нутривант плюс олійний – водорозчинне комплексне добриво для позакореневого підживлення сої та інших олійних культур виробництва міжнародного концерну “ICL Fertilizers”. До його складу входять  $P_2O_5$  – 20 %,  $K_2O$  – 33 %,  $MgO$  – 1 %, S – 7,5 %, B – 1,5 %, Mo – 0,001 %, Zn – 0,02 %, Mn – 0,5 % та прилипач фертівант. Добриво для бобових реаком-СР-бобові вітчизняного виробництва містить (г/л):  $P_2O_5 \geq 45$ ,  $K_2O \geq 60$ , S  $\geq 7$ , Zn – 6-8, Cu – 3-7, B – 5-9, Mn – 8-15, Mo – 4-8, Co – 0,6-3, Fe – 10.

Протягом вегетації проводили біометричні спостереження. У фазі цвітіння-початку утворення бобів визначали азотфіксувальну активність ацетиленовим методом [14], модифікованим у відділі симбіотичної азотфіксації Інституту фізіології рослин і генетики НАН України [15], а також кількість і масу бульбочок на коренях сої. Отримані результати оброблено статистично методом дисперсійного аналізу [16].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Визначення питомої азотфіксувальної активності кореневих бульбочок на 13-й день після обробки показало, що гербіциди хармоні і пульсар не впливали на її величину (рис. 1). Застосування добрив разом з гербіцидами призводило до пригнічення питомої азотфіксувальної активності, тоді як окреме їх внесення, без гербіцидів, загалом не впливало на цей показник.

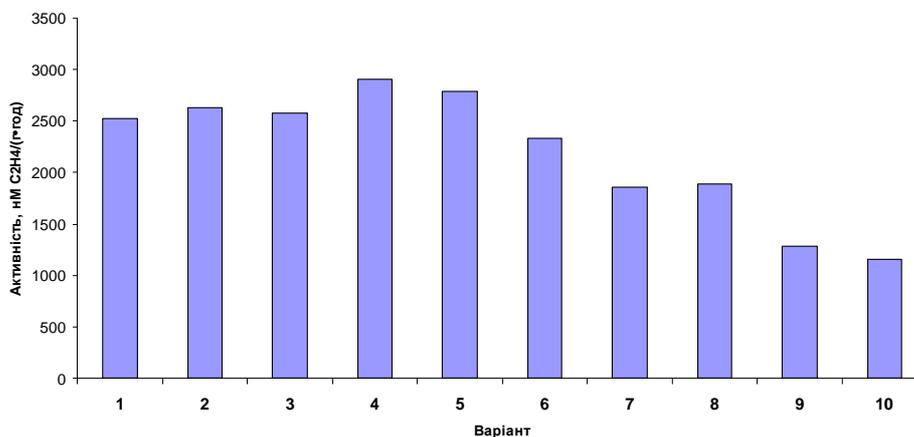


Рис. 1. Вплив гербіцидів і добрив на питому азотфіксувальну активність кореневих бульбочок сої. Вегетаційний дослід, фаза початок цвітіння (13-й день після обробки). Варіанти – див. схему досліді. Стандартне відхилення від наведених середніх значень не перевищувало 10 %.

Пригнічення азотфіксувальної активності за внесення добрив разом з гербіцидами було тимчасовим. Уже на 26-й день після обробки їх дія була протилежною. Питома азотфіксувальна активність кореневих бульбочок сої за обробки гербіцидами хармоні 3 г/га і пульсар 0,5 л/га виявляла тенденцію до зменшення, однак це зменшення знаходилося в межах похибки досліді (рис. 2). За внесення разом з даними гербіцидами добрива нутривант плюс олійний у дозі 2 кг/га спостерігалось підвищення питомої азотфіксувальної активності у 2,2 рази порівняно з варіантом з обробкою одними лише гербіцидами. На фоні гербіцидів дія добрива реаком-СР-бобові на цей показник була менш вираженою – на рівні тенденції до підвищення активності. За окремого застосування добрив вирізняється позитивний вплив на питому азотфіксувальну активність кореневих бульбочок сої добрива реаком-СР-бобові в дозі 2 л/га. За його дії величина даного показника була найбільшою серед усіх варіантів, де гербіциди не застосовували.

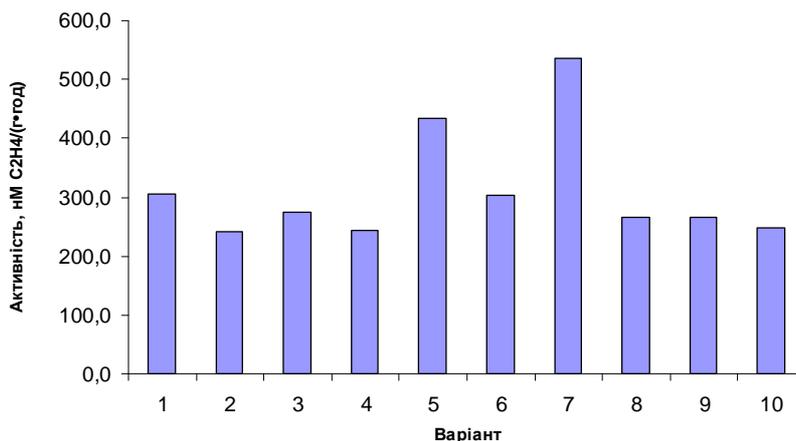


Рис. 2. Питома азотфіксувальна активність корневих бульбочок сої за дії гербіцидів і добрив. Фаза цвітіння-початок утворення бобів (26-й день після обробки). Варіанти – див. схему дослідю. Стандартне відхилення від наведених середніх значень не перевищувало 10 %.

На 26-й день після обробки гербіцидами кількість бульбочок збільшилася порівняно з контролем на 31 % (рис. 3). Приблизно на такому ж рівні знаходився даний показник і за обробки контрольного варіанта (без гербіцидів) добривами нутривант плюс олійний незалежно від дози його застосування і реаком-СР-бобові у дозі 2 л/га. Обробка рослин добривами нутривант плюс олійний і реаком-СР-бобові у нижчих дозах у бакових сумішах з гербіцидами призвела до подальшого збільшення кількості бульбочок на рослинах сої, відповідно, на 28 і 24 % порівняно з внесенням гербіцидів без добрив. За сумісної обробки з гербіцидами добривом нутривант плюс олійний у вищій дозі (3 кг/га) число бульбочок знаходилось на рівні варіанту з обробкою одними лише гербіцидами, а за сумісного застосування реаком-СР-бобові у вищій дозі (4 л/га) їх кількість не відрізнялась від контролю. Результати дослідю свідчать про позитивний вплив на кількість бульбочок застосованих спільно з гербіцидами добрив нутривант плюс олійний і реаком-СР-бобові у нижчих дозах. Внесені без гербіцидів, добрива нутривант плюс олійний в обох дозах і реаком-СР-бобові в дозі 2 л/га також збільшували утворення бульбочок на коренях сої.

У варіанті з застосуванням гербіцидів майже на третину збільшилась маса бульбочок (рис. 4). Подальше зростання їх маси - відповідно на 15 і 21 % спостерігалось за сумісної обробки рослин гербіцидами з добривами нутривант плюс олійний і реаком-СР-бобові у нижчих дозах. За застосування добрива реаком-СР-бобові у вищій дозі на фоні гербіцидів також показано тенденцію до зростання маси бульбочок з рослини майже на 10 %. Зважаючи на невелику кількість бульбочок у цьому варіанті, слід зазначити, що вони формувались більшими, ніж в інших варіантах. Без внесення гербіцидів добрива нутривант плюс олійний в обох дозах і реаком-СР-бобові в дозі 2 л/га чинили позитивний вплив на масу бульбочок на коренях рослин сої.

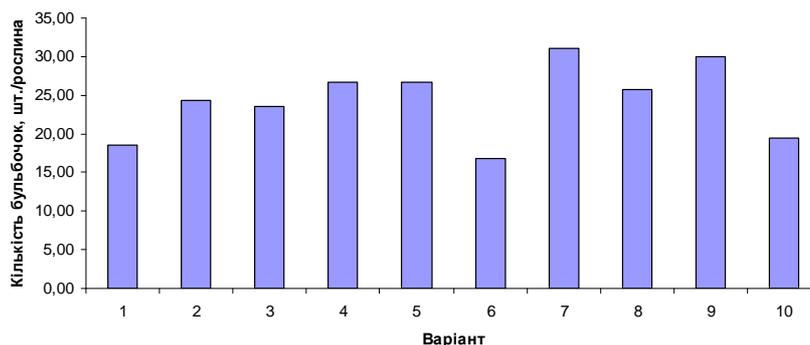


Рис. 3. Вплив гербіцидів і добрив на кількість бульбочок, що сформувались на коренях рослин сої. Фаза цвітіння-початок утворення бобів (26-й день після обробки). Варіанти – див. схему досліді. Стандартне відхилення від наведених середніх значень не перевищувало 10 %.

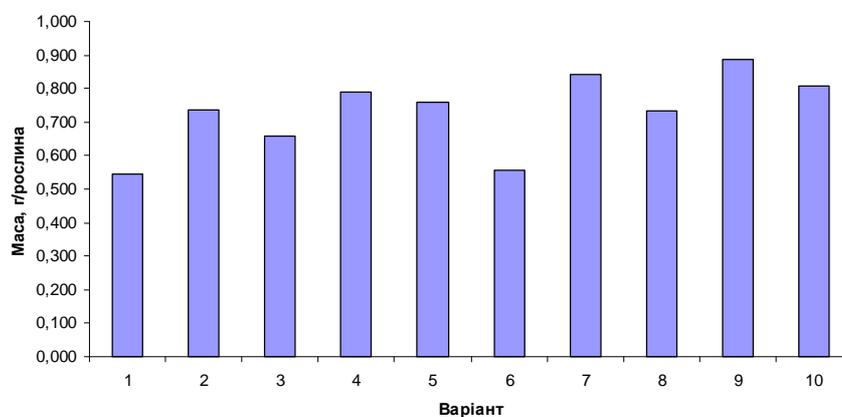


Рис. 4. Дія гербіцидів і добрив на масу бульбочок, що утворились на коренях рослин сої. Фаза цвітіння-початок утворення бобів (26-й день після обробки). Варіанти – див. схему досліді. Стандартне відхилення від наведених середніх значень не перевищувало 10 %.

Таким чином, застосовані разом з гербіцидами хармоні 3 г/га і пульсар 0,5 л/га добрива нутривант плюс олійний і реаком-СР-бобові у дозах відповідно 2 кг/га і 2 л/га на 26-й день після обробки позитивно впливали на формування симбіотичного апарату, сприяючи збільшенню кількості та маси бульбочок на коренях сої. Застосування гербіцидів хармоні 3 г/га і пульсар 0,5 л/га не впливало на азотфіксувальну активність сої. В результаті внесення добрив нутривант плюс олійний і реаком-СР-бобові у нижчих дозах, у ранні строки після обробки ними рослин у бакових сумішах з гербіцидами виявлено тенденцію до зниження азотфіксувальної активності, а в більш пізні строки, навпаки, її зростання. Особливо

велике збільшення азотфіксувальної активності відбувалось за спільного застосування з гербіцидами добрива нутривант плюс олійний в дозі 2 кг/га. На фоні відсутності гербіцидів ефективнішим було добриво реаком-СР-бобові, яке в дозі 2 л/га підвищувало азотфіксувальну активність порівняно з контрольними рослинами.

Добриво нутривант плюс олійний містить на порядок більше сірки порівняно з реаком-СР-бобові. Сірковмісні сполуки можуть відігравати важливу роль у детоксикації гербіцидів. Разом з тим, останнім часом у результаті дії низки чинників, що включають, зокрема, зниження забруднення атмосфери промисловими газами, зменшення вмісту сірки в паливі, використання добрив, які практично не містять сірки [17], а також у зв'язку зі значним виносом цього елемента високопродуктивними сортами рослин та інтенсивним веденням сільського господарства і меншим використанням сірковмісних пестицидів, сірка у багатьох регіонах стає одним із головних лімітуючих чинників у рослинництві [18].

Дефіцит сірки сприяє затримці росту і хлорозу рослин та значно зменшує продуктивність сільськогосподарських культур. Рослина утилізує сульфат для синтезу різних органічних сполук. Так, сірка входить до складу деяких амінокислот (цистеїну і метіоніну), олігопептидів (глутатіону і фітохелатинів), вітамінів і кофакторів (біотину, тіаміну, СоА, S-аденозил-метіоніну) та різних сполук вторинного походження, зокрема глюкозинолатів, тощо [19]. Сульфгідрильна група цистеїну у білках забезпечує підтримання структури білків через формування дисульфідних зв'язків між двома цистеїновими залишками. Тіольні групи цистеїну та глутатіону часто беруть участь у окиснювально-відновлювальному циклі, що має важливе значення для послаблення окисдативного стресу у рослин та багатьох інших організмів.

Деякі сполуки, що містять тіольні групи, зокрема глутатіон, відіграють значну роль у детоксикації ксенобіотиків, і в першу чергу гербіцидів [20-22]. Функціонування цього механізму потребує наявності в рослинах високоактивної глутатіон-S-трансферази або здатності до її активації за дії токсикантів [23]. Вважають, що глутатіон-S-трансферази каталізують кон'югацію токсичних речовин з глутатіоном із утворенням нетоксичних похідних пептиду, які компартментуються у вакуолі. Тож в наших експериментах більш виражений позитивний вплив добрива нутривант плюс олійний на фоні гербіцидного навантаження, можливо, частково пов'язаний з наявністю більшої кількості сірки у його складі.

## ВИСНОВОК

Безпосередньо після застосування бакових сумішей гербіцидів пульсар та хармоні з добривами нутривант плюс олійний і реаком-СР-бобові спостерігалось короточасне пригнічення азотфіксувальної активності сої. Однак у подальшому мікродобрива позитивно впливали на утворення бульбочок, їх масу й азотфіксувальну активність. За впливом на формування симбіотичного апарату й азотфіксувальну активність при сумісному застосуванні з гербіцидами більш ефективним виявилось мікродобриво нутривант плюс олійний у дозі 2 кг/га.

### Список літератури

1. Первачук М.В. Шкодочинність бур'янів та заходи захисту сої від них в Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с-г. наук : спец. 06.01.13 "Гербологія" / М.В. Первачук. – К., 2003. – 21 с.
2. Сорокіна С.І. Ефективність контролювання бур'янів і селективність щодо рослин сої за комплексного застосування гербіцидів імазамоксу та тифенсульфуронметилу / С.І. Сорокіна, О.П. Родзевич, Є.Ю. Мордерер // Физиология и биохимия культ. растений. – 2012. – Т. 44, № 4. – С. 336-346.
3. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений / Власюк П.А. – К.: Наук. думка, 1969. – 516 с.
4. Ярошенко П.В. Влияние микроэлементов на углеводный, белковый и нуклеиновый обмен у пшеницы, овса и ячменя / Ярошенко П.В. // Биологическая роль микроэлементов и их применение. – Л.: 1970. – 388 с.
5. Жизневская Г.Я. Медь, молибден и железо в азотном обмене бобовых растений / Жизневская Г.Я. – М.: Наука, 1972. – 336 с.
6. Ивченко В.И. Физиологическое значение молибдена для растений : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора биол. наук : спец. 03.00.12 "Физиология растений" / В.И. Ивченко. – К., 1973. – 35 с.
7. Микроэлементы: поступление, транспорт и физиологические функции в растениях / [Э.В. Рудакова, К.Д. Каракис, Т.Н. Сидоршина и др.]; под ред. Л.К. Островской. – К.: Наук. думка, 1988. – 184 с.
8. Коць С.Я. Мінеральні елементи і добрива у живленні рослин / С.Я. Коць, Н.В. Петерсон. – К.: Логос 2005. – 150 с.
9. Yu Min. Influences of Mo on nitrate reductase, glutamine synthetase and nitrogen accumulation and utilization in Mo-efficient and Mo-inefficient winter wheat cultivars / Yu Min, Ch. Hu, X. Sun, Y. Wang // Agric. Sci. China. – 2010. – Vol. 9, N 3. – P. 355-361.
10. Адаменко С.М. Вплив позакореневих підживлень нутривантами плюсТМ на продуктивність пшениці озимої та буряків цукрових / С.М. Адаменко, С.В. Машинник, С.Г. Гончар // Физиология растений: проблемы та перспективи розвитку: збірник наукових праць / НАН України, Інститут фізіології рослин і генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; голов. ред. В.В. Моргун. Т.1 – К.: Логос, 2009. – С. 325-331.
11. Машинник О.О. Вплив добрив на мікроелементний баланс ґрунту / О.О. Машинник // Агрохімія і ґрунтознавство / Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спец. випуск до VIII з'їзду УТГА (Житомир, 5-9 липня 2010 р.). Книга 3. – Харків: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського», 2010. – С. 271-273.
12. Пузняк О.М. Різні види добрив та надходження елементів живлення у рослинницьку продукцію на дерново-підзолистих ґрунтах зони західного Полісся / О.М. Пузняк, О.Я. Пузняк // Агрохімія і ґрунтознавство / Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спец. випуск до VIII з'їзду УТГА (Житомир, 5-9 липня 2010 р.). Книга 3. – Харків: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського», 2010. – С. 279-280.
13. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобияльный симбиоз: монография в 4-х т. / т. 1 / С.Я. Коць, В.В. Моргун, В.Ф. Патыка и др. – К.: Логос, 2010. – 508 с.
14. Hardy R.W.F. The acetylene-ethylene assay for N<sub>2</sub> fixation: laboratory and field evaluation / R.W.F. Hardy, R.D. Holsten, E.K. Jackson, R.C. Burns // Plant Physiol. – 1968. – Vol. 43, N 8. – P. 1185-1207.
15. Крикунець В.М. Ацетиленвідновлювальний метод у дослідженнях фізіології бобово-ризобіального симбіозу / В.М. Крикунець // Физиология и биохимия культ. растений. – 1993. – 5, № 2. – С. 419-430.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Доспехов Б.А. – М.: Наука, 1985. – 315 с.
17. Schnug E. Aspects of ecotoxicology of sulphur in the Harz region – a guided excursion / E. Schnug, W.H.O. Ernst, S. Kraztz, F. Knolle, S. Haneklaus // Landbauforschung Voelkenrode. – 2004. – Vol. 54. – P. 129-143.

18. A contribution to identification of novel regulators of plant response to sulfur deficiency: characteristics of a tobacco gene UP9C, its protein product and the effects of UP9Csilencing / M. Lewandowska, A. Wawrzynska, G. Moniuszko [et al.] // *Molec. Plant.* – 2010. – Vol. 3, N 2. – P. 347-360.
19. Saito K. Sulfur assimilatory metabolism. The long and smelling road / K. Saito // *Plant Physiol.* – 2004. – Vol. 136. – P. 2443-2450.
20. Asada K. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygen and dissipation of excess photons / K. Asada // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* – 1999. – Vol. 50. – P. 601-639
21. Neufeind T. Plant glutathione S-transferases and herbicide de-toxification / T. Neufeind, P. Reinemer, B. Bieseler // *Biol. Chem.* – 1997. – Vol. 378. – P. 199–205.
22. Noctor G. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control / G. Noctor, C. Foyer // *Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.* – 1998. – Vol. 49. – P. 249-279.
23. Gronwald J.W. Isolation and characterization of glutathione S-transferase isozymes from sorghum / J.W. Gronwald, K.L. Plaisance // *Plant Physiol.* 1998. – Vol. 117. – P. 677–692.

**Гуральчук Ж.З. Азотфиксирующая активность сои при совместном применении гербицидов и микроудобрений / Ж.З. Гуральчук, С.И.Сорокина, Е.П. Родзевич, Е.Ю. Мордерер // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С.34-41.**

Изучали азотфиксирующую активность сои при совместном применении гербицидов и микроудобрений. Непосредственно после применения баковой смеси гербицидов хармони и пульсар с удобрениями нутривант плюс масляный и реаком-СР-бобовые наблюдалось кратковременное угнетение азотфиксирующей активности сои. Однако в дальнейшем микроудобрения положительно влияли на образование клубеньков, их массу и азотфиксирующую активность. Более эффективным в восстановлении азотфиксирующей активности было микроудобрение нутривант плюс масляный в дозе 2 кг / га.

**Ключевые слова:** микроудобрения, гербициды, соя.

**Guralchuk Zh.Z. Soybean nitrogen-fixing activity at combined application of herbicides with microfertilizers / Zh.Z. Guralchuk, S.I. Sorokina, Ye.P. Rodzevich, Ye.Yu. Morderer // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 34-41.**

The effects of combined application of herbicides with microfertilizers on nitrogen-fixing activity of soybean plants were studied. Immediately after the application of tank mixture of herbicides harmony and pulsar with microfertilizers nutritant plus oil and reacom-SR-bean the transient inhibition of soybean nitrogen-fixing activity was observed. However, further microfertilizers had a positive effect on formation of nodules, their weight and nitrogen-fixing activity. More effective in restoring the nitrogen-fixing activity was microfertilizer nutritant plus oil at 2 kg / ha.

**Keywords:** microfertilizers, herbicides, soybean.

*Поступила в редакцию 16.11.2012 г.*

**УДК 612.822.014.46**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛГЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ 1,5-БЕНЗОДИАЗЕПИНОН-2 И ЕГО НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ**

*Епишкин И.В., Коренюк.И.И., Чертаев И.В.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: igor.epishkin2013@yandex.ua*

В условиях тестов «горячая пластина» и «горячая вода» исследовано влияние 1,5-бензодиазепинон-2и его трех новых производных 4-метил-1,5-бензодиазепинон-2, 3-метил-1,5-бензодиазепинон-2,5-формил-1,5-бензодиазепинона-2при внутрибрюшинном введении в дозах 5, 25 и 50 мг/кг на болевой порог. Проведено сравнение полученных эффектов тестируемых веществ с фармпрепаратом анальгином. Показано, что из четырех исследованных соединений лишь1,5-бензодиазепинона-2увеличивалболевой порог у крыс, который превышает эффект анальгина.

**Ключевые слова:** 1,5-бензодиазепинон-2, аналгетический эффект, горячая вода, горячая пластина.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема боли и поиска новых обезболивающих средств среди новосинтезированных веществ является актуальнымнаправлением научных исследованийв медицине и спорте. Одним из перспективных путей борьбы с болью является разработка способов активации антиноцептивной системы [1]. При этом известно, что использование бензодиазепинов в лечении болевых синдромов [2], обосновано их анксиолитическим действием в сочетании с опосредованным аналгетическим эффектом. Известно также, что некоторые из широко используемых аналгетиков обладают побочным действием. Например, запрещенный в 70 странах мира – анальгин обладает рядом побочных эффектов и повышает риск развития осложнений (агранулоцитоз, анафилактический и сосудистый шок) [3, 4].

В связи с этим целью исследования было выявить среди новых производных 1,5-бензодиазепинон-2 соединений, обладающих аналгетическими свойствами.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследование аналгетической активности осуществляли на 5 группах крыс по 10 особей в каждой. Болевой порог во всех тестах измеряли и сравнивали сна контрольной группой крыс, которой однократно за 30 мин до начала тестирования внутрибрюшинно вводилисьфизиологический раствор. Опытным крысам инъецировали анальгин в дозе 5 мг/кг или растворы исследуемых соединений в дозах 5, 25 и 50 мг/кг. Все растворы веществ вводили в объеме 0,2 мл.

Противобололевые эффекты соединений определяли в следующих тестах «горячая вода» и «горячая пластина», методика которых детально приведена в публикациях [5, 6].

При выполнении экспериментов придерживались нормы и принципы, утвержденных постановлением I национального конгресса с биоэтики (Киев, 2001), Законом Украины № 3447-VI «Про защиту животных от жестокого обращения» от 21.02.2006 г. с изменениями от 15.12.2009 г.

Экспериментальные данные до и после воздействия веществ сравнивали с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни ( $p \leq 0,05$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Результаты теста «горячая вода».* При системном введении исследуемых производных наблюдалось дозозависимость их действия. При этом, с увеличением доз 1,5-бензодиазепинон-2 (1,5-БД), 3-метил-1,5-бензодиазепинон-2 (3-метил-1,5-БД) и 4-метил-1,5-бензодиазепинон-2 (4-метил-1,5-БД) противобололевые эффекты снижались, а в случае 5-формил-3-метил-1,5-бензодиазепинон-2 (5-формил-1,5-БД) – наоборот, усиливались (рис.1).

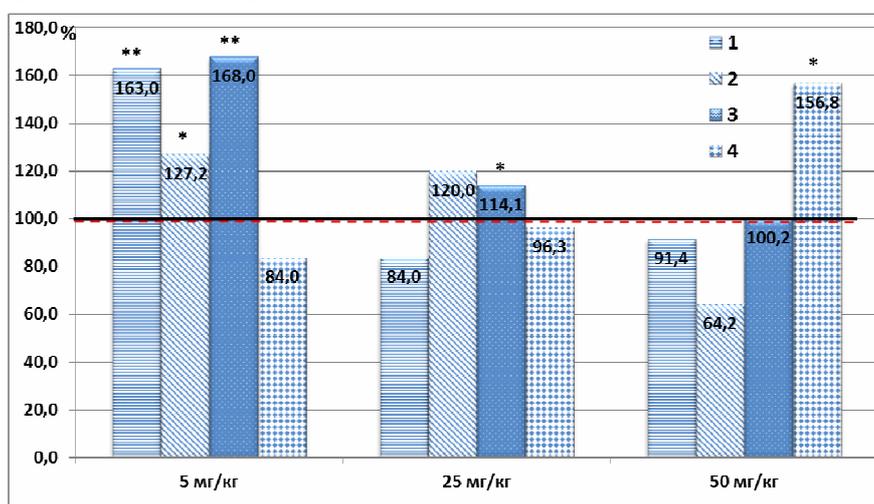


Рис. 1. Влияние 5 мг/кг анальгина и разных доз 1,5-бензодиазепинон-2(1), 4-метил-1,5-бензодиазепинон-2(2), 3-метил-1,5-бензодиазепинон-2(3) и 4-метил-1,5-бензодиазепинон-2(4) на латентный период болевой реакции в тесте «горячая вода».

*Примечание:*\* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ , где  $p$  - уровень достоверности по отношению к контролю. Жирной линией обозначены контрольные показатели (за 100%), а пунктирной – эффект анальгина в дозе 5 мг/кг.

Из рис. 1 видно, что 1,5-БД, 4-метил-1,5-БД и 3-метил-1,5-БД в дозе 5 мг/кг по сравнению с контролем достоверно увеличивали на 63,0, 27,2 и 68,0 % соответственно латентный период (ЛП) болевой реакции. По сравнению с эффектами анальгина и 5-формил-1,5-БД, то они снижали ЛП болевой реакции на

16,0 и 1,2 % соответственно, что, по мнению некоторых авторов [5] расценивается как усиление восприятия боли.

При применении тестируемых веществ в дозе 25 мг/кг их эффекты были меньше выражены, чем при использовании в дозе 5 мг/кг. Так, 4-метил-1,5-БД и 3-метил-1,5-БД увеличивали на 20,0 и 14,1 % соответственно ЛП болевой реакции, а 1,5-БД и 5-формил-1,5-БД, наоборот, снижали на 16,0 и 6,7 % соответственно.

Из тестируемых соединений только 5-формил-1,5-БД в дозе 50 мг/кг по сравнению с контролем достоверно увеличивал на 56,8 % ЛП болевой реакции, а 1,5-БД и 4-метил-1,5-БД снижали по сравнению с контролем на 8,6 и 35,8% ЛП и почти в 2 раза по сравнению с дозой 5 мг/кг. Эффект 3-метил-1,5-БД был на уровне контроля (рис. 1). По-видимому, наблюдаемый анальгетический эффект 5-формил-1,5-БД в дозе 50 мг/кг связан с перенасыщением пре- или постсинаптических ГАМК-БД-рецепторов мембраны нейронов, что приводит к гиперполяризации и угнетению передачи болевых импульсов.

На основе анализа результатов этого теста можно заключить, что 1,5-БД и его три производные в тестируемых дозах обладают анальгетическими свойствами, максимальная выраженность которых проявляется в дозе 5 мг/кг.

Следует отметить, что в данном тесте анальгин не проявил себя как анальгетик, так как снижал ЛП. Мы склонны думать, что либо данная модель не является чувствительной для проявления противоболевых свойств препарата, либо в дозе 5 мг/кг противоболевые свойства анальгина не проявляются. Поскольку при использовании данной модели болевого стресса не удалось сравнить эффективность исследуемых соединений с действием эталонного обезболивающего препарата – анальгина, было решено провести тестирование веществ в тестах «горячая пластина».

*Результаты теста «горячая пластина».* Поскольку анальгин в дозе 5 мг/кг по сравнению с контролем увеличивал ЛП болевой реакции почти в 2 раза, из этого следует, что тест является чувствительным для этого эталонного препарата. Из рис.2 видно, что противоболевые эффекты 4-метил-1,5-БД, 3-метил-1,5-БД и 5-формил-1,5-БД в данном тесте имели дозозависимый характер действия.

После инъекции крысам 1,5-БД, 4-метил-1,5-БД и 3-метил-1,5-БД в дозе 5 мг/кг по сравнению с контролем достоверно увеличивался ЛП болевой реакции на 136,5; 21,4 и 52,4 % соответственно. При этом 5-формил-1,5-БД снижал ЛП на 11,0 %, что свидетельствует об усилении болевой чувствительности [6]. Следует отметить, что лишь анальгетический эффект 1,5-БД превосходил действие анальгина в дозе 5 мг/кг на 38,5 %.

При инъекции 1,5-БД в дозе 25 мг/кг наблюдалось ещё большее увеличение ЛП болевой реакции по сравнению с контролем выше в 3,5 раз ( $p \leq 0,01$ ), а по сравнению с эффектами анальгина в 1,5 раза. При этом 3-метил-1,5-БД увеличивал по сравнению с контролем ЛП болевой реакции на 31,0 %, а 4-метил-1,5-БД, наоборот, снижал его (на 15,9 %). А 5-формил-1,5-БД увеличивал ЛП по отношению к контролю на 6,3%.

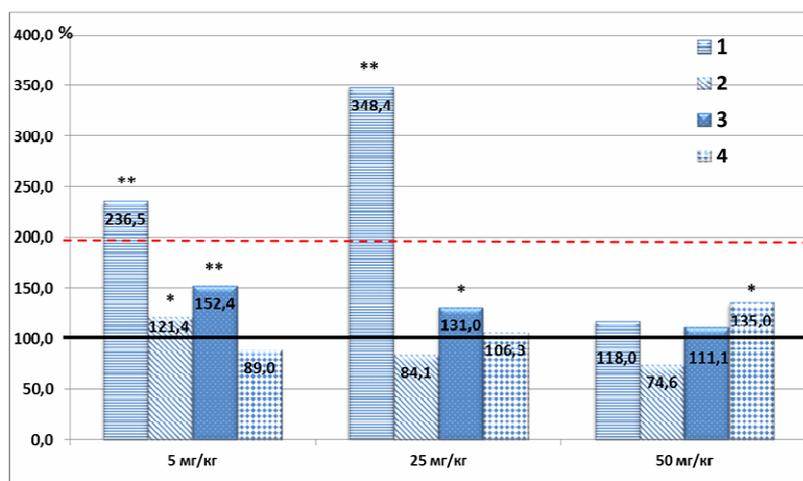


Рис. 2. Влияние 5 мг/кг анальгина и разных доз 1,5-бензодиазепинон-2 (1), 4-метил-1,5-бензодиазепинон-2 (2), 3-метил-1,5-бензодиазепинон-2 (3) и 4-метил-1,5-бензодиазепинон-2 (4) на латентный период болевой реакции в тесте «горячая пластина».

Обозначения такие же, как на рисунке 1.

Исследование болевой реакции 1,5-БД и его производных в дозе 50 мг/кг показали самые низкие результаты по сравнению с предыдущими дозами (рис. 2). Так, 1,5-БД, 3-метил-1,5-БД и 5-формил-1,5-БД увеличивали ЛП болевой реакции на 18,0; 11,1 и 35,0 % соответственно, а 4-метил-1,5-БД снижал ЛП на 25,4 %.

Таким образом, 1,5-БД и 3-метил-1,5-БД проявляют анальгетическую активность во всех исследуемых дозах в тесте «горячая пластина», а 4-метил-1,5-БД только в дозе 5 мг/кг и 5-формил-1,5-БД только в 50 мг/кг. При этом лишь противоболевые эффекты 1,5-БД в дозах 5 и 25 мг/кг превосходили действие анальгина 5 мг/кг.

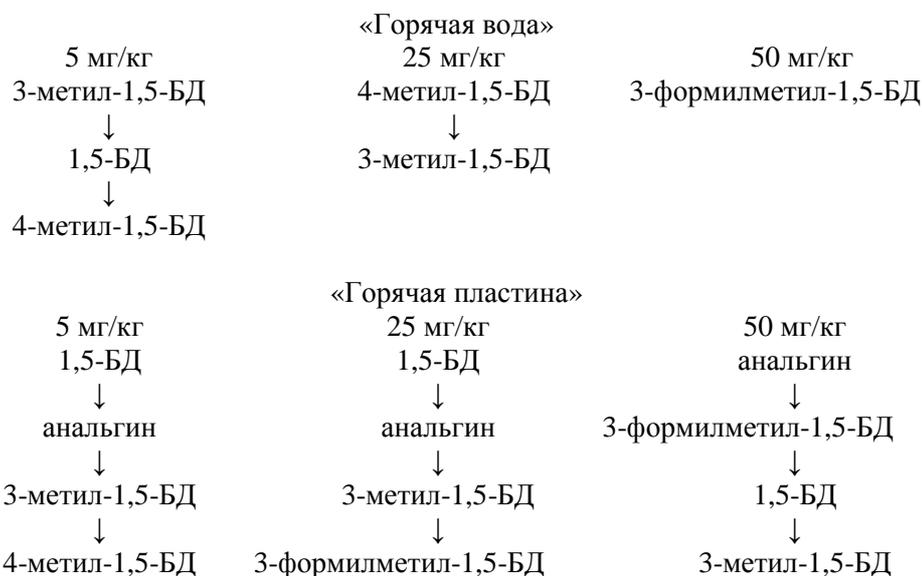
Следует сказать, что в температурных тестах «горячая вода» и «горячая пластина» выявлена дозозависимость действия производных 1,5-БД. Так 4-метил-1,5-БД и 3-метил-1,5-БД с увеличением доз снижали ЛП, а 5-формил-1,5-БД, наоборот, увеличивал (см. рис. 1 и 2).

Таким образом, эффекты 1,5-БД и его трех синтезированных производных по данным тестов «горячая пластина» и «горячая вода» существенно различаются. По-видимому, обезболивающий эффект исследуемых соединений обусловлен разными механизмами. Мы склонны думать, что выявленные нами анальгетические эффекты 1,5-БД и его производных так же, как и у 1,4-БД, опосредуются через ГАМК<sub>A</sub>-рецепторы в интегративных центрах ЦНС, угнетая процесс синаптической передачи ноцицептивной информации [7]. Исходя из того, что в тестах мы имели возможность оценить степень действия 1,5-БД и трех его производных на спинальном (отдергивание хвоста – болевой спинальный рефлекс) и супраспинальном уровнях [8], мы полагаем, что исследуемые вещества вероятнее всего оказывают тормозное действие на одну из главных супрасегментарных зон восприятия и переработки ноцицептивного афферентного потока – ретикулярную

формацию ствола головного мозга [7]. При этом известно, что через связи ретикулярной формации с гипоталамусом, базальными ядрами и лимбическим мозгом реализуется нейроэндокринный и мотивационный аффективный компонент боли [7], вызывает чувство спокойствия и изменяет эмоциональную окраску боли.

Увеличение ЛП болевой реакции в температурных тестах может быть обусловлено снижением под влиянием 1,5-БД интенсивности синаптической передачи сигналов между нейронами первого-второго порядка в задних рогах спинного мозга. Есть предположение, что БД снижает активность пресинаптических рецепторов NMDA первичных афферентных окончаний с одновременным снижением выработки вещества Р [9]. А поскольку есть мнение [9], что опосредованные боли могут возникать при участии АТФ, через P2X рецепторы открывают лиганд-управляемые каналы в мембране сенсорных нейронов. Возможно, что БД ингибируют эту систему, затрудняя проницаемость мембраны ноцицептивных нейронов для  $Na^+$  и  $Ca^{2+}$ , и повышает их проницаемость мембраны для  $Cl^-$  и  $K^+$  приводя, таким образом, к гиперполяризации мембраны нейронов.

В отношении снижения противоболевой активности исследованных веществ в разных тестах с учетом дозы и в сопоставлении с эффектами анальгина их можно распределить в следующем порядке:



По силе анальгетического действия, исследованные вещества можно расположить в следующем порядке:

в тесте «горячая вода»:

3-метил-1,5-БД > 1,5-БД > 3-формилметил-1,5-БД > 4-метил-1,5-БД

в тесте «горячая пластина»:

1,5-БД > анальгин > 3-метил-1,5-БД > 3-формил-1,5-БД > 4-метил-1,5-БД

Исходя из этого, есть основания считать, что среди тестированных соединений только 1,5-БД имеет перспективу дальнейшего изучения в качестве лекарственного средства, которое сможет заменить запрещенные анальгетики. Следует отметить, что в предыдущих наших исследованиях у 1,5-БД, 3-метил-1,5-БД и 4-метил-1,5-БД в тесте «электростимуляция» противоболевые эффекты превосходили действие анальгина. Таким образом, более выраженные противоболевые свойства 1,5-БД по сравнению с анальгином не вызывают сомнения, тогда как эффекты 3-метил-1,5-БД и 4-метил-1,5-БД требуют дальнейшего изучения.

### ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что 1,5-БД проявил анальгетические эффекты в дозах 5 и 25 мг/кг, превосходящие действие анальгина.
2. Производные 4-метил-1,5-БД и 3-метил-1,5-БД требуют дальнейшего изучения.

### Список литературы

1. Савохина М.В. Исследование анальгетической активности метакрукса. / М.В.Савохина // Теорет. і експ. медицина, медицина сьогодні і завтра. –2008. – № 4. –С. 15–17.
2. Бурчинский С.Г. Анксиолитики в лечении хронических психогенных болевых синдромов. / С.Г.Бурчинский // Междисциплинарные проблемы. На заметку доктору. – 2007. – С. 46
3. Ушкалова Е.А. Проблемы безопасности Анальгина. [Обзор.] / Е.А. Ушкалова // Здоров'я України. Клінічна фармакологія.– 2009р. –№17(222). – С.46-47.
4. Юлиш Е.И. Безопасная альтернатива Анальгину в педиатрии. / Е.И. Юлиш // Клінічні лекції. – 2012. – №2(37). – С.111-114
5. Лебедева Н.Е. Эффекты фентанила в сверхмалых дозах. / Н.Е. Лебедева, Т.В.Головкина, Е.Н.Горбатова // Химическая и биологическая безопасность. – 2003.– № 9–10. – С. 7–8.
6. Ахметова Г.С. Синтез и фармакологические свойства нового гомолога отечественного производства оригинального анальгезирующего лекарственного средства Просидол. / [Г.С. Ахметова, А.К. Амантаева, К.Д. Пралиевы др.] // Изв. Томск.политех. унив. – 2010. – Т. 317, № 3. – С.140–143.
7. Павленко А.Ю. Болевой синдром: патофизиологические механизмы развития и методы воздействия на этапах оказания медицинской помощи / А.Ю. Павленко, А.А.Хижняк // Медицина неотлож. состояний. – 2006. – №1. – С. 29–39.
8. Северьянова Л.А. Влияние L-аргинина на электрокожную и температурную болевую чувствительность у крыс. / [Л.А. Северьянова, И.И. Бобынцев, Н.А. Кирьяноваи др.]// Курский научно-практ. вестник "Человек и его здоровье", Экспер. Биол. и Мед. – 2005.– № 2.–С.44–49
9. Ганонг В.Ф. Фізіологія людини: Підручник / [В.Ф. Ганонг, М. Гжегоцький, В. Шевчук и др.] – Львів: БаК, 2002. – 784 с.

**Епішкін І.В. Дослідження анальгетичної активності 1,5-бензодіазепінона-2 та його деяких похідних / І.В. Епішкін, І.І. Коренюк., І.В. Черетаєв // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 42-48.**

В умовах тестів «гаряча пластина» та «гаряча вода» досліджено вплив 1,5-бензодіазепінон-2 і його трьох нових похідних: 4-метил-1,5-бензодіазепінон-2, 3-метил-1,5-бензодіазепінон-2,5-форміл-1,5-бензодіазепінон-2 при системному введенні шурам в дозах 5, 25 і 50 мг/кг на больовий поріг. Проведено порівняння ефектів тестованих речовин з фармпрепаратом анальгін. Показано, що з чотирьох досліджених сполук тільки 1,5-бензодіазепінон-2 збільшував латентний період больової реакції у шурів, який перевищував ефект анальгину.

**Ключові слова:** 1,5-бензодіазепінон-2, анальгетичний ефект, гаряча вода, гаряча пластина.

**Epishkin I.V. Research activity analgesic 1,5- benzodiazepinona-2 and some of its derivatives / I.V. Epishkin ,I.I. Korenyuk, I.V. Cheretayev // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 42-48.**

In the test of the "hot plate" and "hot water" The effect of 1,5-benzodiazepinon-2 and three new derivatives of 4-methyl-1,5-benzodiazepinon-2, 3-methyl-1,5-benzodiazepinon-2 and 5-formyl-1,5-benzodiazepinon-2 intraperitoneal doses of 5, 25 and 50 mg / kg on the threshold of pain. A comparison of the effects of the tested substances analginum pharmaceuticals. Shows that of the four compounds tested only 1,5 benzodiazepinon-2 increased the pain threshold in rats, which exceeds the effect of analginum.

**Keywords:** 1,5-benzodiazepinon-2, analgesic effect, hot water, hot plate.

*Поступила в редакцию 12.11.2012 г.*

УДК 577.121:963

## ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПРОТЕИНОВ В ЭРИТРОЦИТАХ БОЛЬНЫХ ЭРИТРОЕМИЕЙ, АПЛАСТИЧЕСКОЙ И ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОЙ АНЕМИЕЙ

*Ёлкина Н.М.*

*Крымский факультет Запорожского национального университета, Симферополь, Украина  
E-mail: Yolkina@com.ua*

Установлено, что в эритроцитах больных эритроемией, апластической и железодефицитной анемией усиливаются реакции окислительной модификации протеинов. Отмеченные изменения могут быть результатом интенсификации генерирования активных форм кислорода.

Характер изменения изученных показателей имеет зависимость от вида патологии. В большей степени увеличение уровня продуктов окислительной модификации протеинов в эритроцитах наблюдается при эритроемии и апластической анемии, в меньшей степени при железодефицитной анемии.

**Ключевые слова:** эритроциты, окислительная модификация протеинов, активные формы кислорода, эритроемия, апластическая анемия, железодефицитная анемия.

### ВВЕДЕНИЕ

Нарушение прооксидантно-антиоксидантного равновесия в условиях патологии приводит к активизации свободно-радикальных реакций и, как следствие, к усиленному генерированию активных форм кислорода (АФК), что сопряжено с окислительным разрушением белков, нуклеиновых кислот и липидов [1-4].

В последнее время большое внимание уделяется изучению роли окислительной модификации протеинов (спонтанной и металлокатализируемой) в развитии свободнорадикальных процессов, связанных с заболеваниями различной этиологии [5, 6].

Протеины, в силу особенностей своего строения, активно взаимодействуют с различными реакционными соединениями, среди которых особое место занимают АФК как радикальной, так и не радикальной природы ( $\dot{I} \frac{1}{2}$ ,  $\dot{I} \dot{I}$ ,  $\dot{I} \dot{I} \dot{I}$  и другие) [4-6].

Поскольку эритроциты, циркулируя в русле крови, являются одной из мишеней действия АФК, представляет интерес изучение процессов окислительной модификации эритроцитарных протеинов в условиях патологии, в частности, при заболеваниях гематологического характера.

В связи с этим, целью настоящей работы было изучение окислительной модификации протеинов в гемолизатах эритроцитов больных эритроемией, а также апластической и железодефицитной анемией.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили эритроциты практически здоровых людей (20 человек) – доноров станции переливания крови г. Симферополя и больных эритроемией I степени (11 человек, мужчины и женщины, средний возраст 60 лет), апластической и железодефицитной анемией (по 11 человек в каждой группе, мужчины и женщины, средний возраст 56,0 и 54,5 года). Кровь больных брали на базе Крымского онкологического центра.

Эритроциты гемолизировали по методу Дабкина [7]. В гемолизатах эритроцитов определяли содержание продуктов окислительной модификации протеинов (ОМП), используя спектрофотометрический метод, описанный в литературе [5]. Альдегидные и кетонные продукты ОМП нейтрального характера идентифицировали при длинах волн 356 нм и 370 нм, соответственно. Альдегидные и кетонные продукты ОМП основного характера идентифицировали при 430 нм и 530 нм. Содержание продуктов ОМП выражали в единицах оптической плотности (ед. опт. пл.).

Полученные данные обрабатывали статистически с использованием t-критерия Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследований, в гемоглобинах эритроцитов практически здоровых людей и больных эритроемией, апластической и железодефицитной анемией присутствуют альдегидные и кетонные продукты окислительной модификации протеинов нейтрального и основного характера (таблица).

Во всех обследованных группах прослеживается более высокое содержание в эритроцитах альдегидных и кетонных продуктов нейтрального характера, наиболее низким содержанием характеризуются кетонные продукты ОМП основного характера.

Вместе с этим, несмотря на отмеченные общие особенности содержания в эритроцитах продуктов ОМП, наблюдаются различия, связанные с патологией и зависимые от вида заболевания.

Так, в эритроцитах больных эритроемией содержание альдегидных и кетонных продуктов ОМП нейтрального характера было в 2,0 раза выше по сравнению с контрольной группой, содержание альдегидных и кетонных продуктов основного характера также превышало уровень контрольной группы (в 2,0 и 3,9 раза, соответственно).

В эритроцитах больных апластической анемией по сравнению с контрольной группой показано достоверно более высокое содержание альдегидных и кетонных продуктов нейтрального характера (в 2,0 и 2,3 раза), содержание альдегидных продуктов основного характера превышало уровень контрольной группы в 2,5 раза. При этом, содержание кетонных продуктов основного характера практически не менялось.

Таблица

**Содержание продуктов окислительной модификации протеинов в эритроцитах больных эритроемией, апластической анемией и железодефицитной анемией**  
( $\bar{x} \pm Sx$ ), ед. опт. пл.

| Обследованные группы             | продукты нейтрального характера |              | продукты основного характера |              |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
|                                  | 356 нм                          | 370 нм       | 430 нм                       | 530 нм       |
| Контрольная группа               | 0,086±0,005                     | 0,078±0,005  | 0,046±0,004                  | 0,01±0,002   |
| Больные эритроемией              | 0,181±0,005*                    | 0,159±0,005* | 0,097±0,004*                 | 0,039±0,002* |
| Больные апластической анемией    | 0,172±0,005*                    | 0,179±0,006* | 0,114±0,004*                 | 0,009±0,001  |
| Больные железодефицитной анемией | 0,106±0,004*                    | 0,087±0,004  | 0,052±0,003*                 | 0,018±0,002* |

*Примечание:* \* – достоверность различия показателя по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ).

В группе больных железодефицитной анемией отмечено достоверно более высокое содержание в эритроцитах альдегидных продуктов нейтрального характера (в 1,2 раза по сравнению с контрольной группой) и кетонных продуктов основного характера (в 1,8 раза). Содержание остальных продуктов ОМП находилось на уровне контрольной группы.

Следует отметить, что наиболее выраженные изменения в содержании продуктов окислительной модификации протеинов (в расчете на единицу объема эритроцитов) наблюдаются при эритроемии и апластической анемии, заболеваниях онкологического характера, связанных со злокачественным перерождением костного мозга.

Можно предположить, что при данных заболеваниях интенсивность свободнорадикальных реакций и генерирование АФК существенно преобладают над уровнем нормы и это обстоятельство может быть причиной деструктивных изменений не только цитозольных, но и мембранных протеинов эритроцитов.

Полученные данные позволяют также сделать предположение о том, что наиболее уязвимыми для действия АФК являются гидрофобные аминокислотные остатки белковых молекул, о чем свидетельствует преобладание содержания в эритроцитах продуктов ОМП нейтрального характера. В литературе также имеются данные о том, что не все аминокислоты проявляют высокую способность к окислению в условиях генерирования АФК. Так, отмечается, что наиболее чувствительны к окислению серосодержащие (метионин, цистеин) и ароматические аминокислоты (триптофан, фенилаланин и тирозин) [6].

Последние являются гидрофобными и принимают участие в формировании так называемого «гидрофобного ядра» протеиновых глобул, а некоторая их часть может располагаться в поверхностных слоях молекул протеина, принимать участие в структурной организации гидрофобных кластеров в олигомерных белках, например, в молекулах гемоглобина [8].

Из этого следует, что окислительная модификация протеинов ведет к изменению пространственной структуры белковых молекул и, как следствие, к изменению их функционального состояния.

Поскольку из всех белков, содержащихся в эритроцитах, основное содержание приходится на гемоглобин (около 90%), вполне вероятно, что молекулы дыхательного белка являются основной мишенью для окислительного действия активных форм кислорода и усиление процессов ОМП может привести к нарушению кислородо-транспортной функции гемоглобина в большей степени при эритроэмии и апластической анемии и в меньшей – при железодефицитной анемии.

### ВЫВОДЫ

1. Показано, что при эритроэмии, апластической и железодефицитной анемии в эритроцитах усиливаются реакции окислительной модификации протеинов, о чем свидетельствует достоверное увеличение содержания продуктов окислительной модификации нейтрального и основного характера.
2. Установлено, что степень изменения интенсивности процессов окислительной модификации протеинов в эритроцитах зависит от вида патологии. Наиболее выраженные изменения изученных показателей отмечены при эритроэмии и апластической анемии, в меньшей степени – при железодефицитной анемии.

### Список литературы

1. Меньшиков Е.Б. Окислительный стресс при воспалении / Е.Б. Меньшиков, Н.К.Зенков // Усп. совр. биол. – 1997. – Т. 117, № 2. – С. 155-169.
2. Владимиров Ю.А. Активные формы кислорода и азота: значение для диагностики, профилактики и терапии / Ю.А. Владимиров // Биохимия. – 2004. – Т. 69, вып. 1. – С. 5-7.
3. Окислительный стресс вызывает регресс гемопоэза печени плода / Э.Ф. Сато, Э. Накагава, К. Хирамото [и др.] // Биохимия. – 2004. – Т. 69, № 1. – С. 25-29.
4. Rice-Evans C. Oxygen toxicity free radicals and antioxidants in human disease: biochemical indications in atherosclerosis premature neonates / C. Rice-Evans, V. Gopinathan // Essays Biochem. – 1998. – V. 29. – P. 57-63.
5. Окислительная модификация белков: окисление триптофана и образование битирозина в очищенных белках с использованием системы Фентона / Дубинина Е.Е., Гавровская С.В., Кузьмич Е.В. [и др.] // Биохимия. – 2002. – Т. 67, вып. 3. – С. 413-421.
6. Дубинина Е.Е. Окислительная модификация протеинов, ее роль при патологических состояниях / Е.Е. Дубинина, А.В. Пустыгина // Укр. біохімі. журн. – 2008. – Т. 80, № 6. – С. 5-18.
7. Drabkin D. A simplified technique for large crystallization of myoglobin and hemoqlobin in the crystalline / D. Drabkin // Arch. biochem. – 1949. – V. 21. – P. 224-226.
8. Иржак Л.И. Гемоглобины и их свойства / Иржак Л.И. – М.: Наука, 1975. – 240 с.

**Йолкіна Н.М. Окиснювальна модифікація протеїнів в еритроцитах хворих на еритроемію, апластичну та залізодефіцитну анемію / Н.М. Йолкіна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 49-53.**

Встановлено, що в еритроцитах хворих на еритроемію, апластичну та залізодефіцитну анемію посилюються реакції окиснювальної модифікації протеїнів. Такі зміни можуть бути результатом інтенсифікації генерування активних форм кисню.

Характер змін вивчених показників має залежність від виду патології. Більшою мірою підвищення рівня продуктів окиснювальної модифікації протеїнів в еритроцитах спостерігається при еритроемії і апластичній анемії, меншою мірою при залізодефіцитній анемії.

**Ключові слова:** еритроцити, окиснювальна модифікація протеїнів, активні форми кисню, еритроемія, апластична анемія, залізодефіцитна анемія.

**Yolkina N.M. Oxidative modification of proteins in erythrocytes of patients with erythraemia, aplastic and iron-deficiency anemia / N.M. Yolkina // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 49-53.**

It has been shown that in erythrocytes of patients with erythraemia, aplastic and iron-deficiency anemia the reactions of proteins oxidative modification are intensified. These changes may be an result of rise of oxygen active forms formation.

The character of the studing indexes changes has dependence of pathology. More high level of changes is observed in erythrocytes of patients with erythraemia and aplastic anemia, less level of changes had erythrocytes of patients with iron-deficiency anemia.

**Keywords:** erythrocytes, oxidative modification of proteins, oxygen active forms, erythraemia, aplastic anemia, iron-deficiency anemia.

*Поступила в редакцію 10.11.2012 г.*

**УДК 635.92.05**

## **АССОРТИМЕНТ МНОГОЛЕТНИХ ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ САДА В ЯПОНСКОМ СТИЛЕ В УСЛОВИЯХ КРЫМА**

*Зильберварг И.Р.*

*Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины  
«Крымский агротехнологический университет», Симферополь, Украина  
E-mail: zironika07@rambler.ru*

Приведен обширный ассортимент многолетних цветочных растений для создания сада в японском стиле в условиях Крыма. Растения разделены на группы в зависимости от требований к условиям культивирования. Даны рекомендации по использованию их в различных типах японских садов.

**Ключевые слова:** японский сад, многолетние цветочные растения.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в Мире растет интерес к садам в японском стиле. Миниатюрные и своеобразные сады удивляют и восхищают людей своей сложностью и лаконичностью одновременно. Современные тенденции ландшафтного дизайна сделали японские сады модными за пределами Японии. Часто японских ландшафтных дизайнеров и архитекторов приглашают создавать такие сады в Европе, Америке, России, такая тенденция появилась и в Украине.

Японский сад – пейзажный сад на небольшой территории, всегда узнаваемый и особенный. Некоторые исследователи считают его точной копией самой природы, хотя это не совсем так. Несомненно, на формирование стиля влияла природа Японии с ее мягким климатом, флористическим и ландшафтным разнообразием. Любовь японцев к природе нашла свое выражение в стремлении сконцентрировать все это разнообразие на незначительной площади сада [1].

В современной литературе о структуре и организации японских садов полноценных научных сведений об использовании ассортимента многолетних цветочных растений нет. На практике же обслуживающий персонал таких садов сталкиваются с различными проблемами, связанными с ассортиментом растений, их подбором и размещением, а также дальнейшим уходом. Климатические условия в разных уголках Земли не соответствуют климату Японии, что делает подбор растений одной из самых сложных задач.

Цель данной работы – подобрать и предложить наиболее полный ассортимент многолетних цветочных растений для создания различных типов садов в японском стиле. В задачи исследований входили следующие вопросы: изучение ассортимента цветочных растений потенциальных и используемых в японских садах в Крыму,

распределение их по группам в зависимости от условий произрастания и типа сада, составление ассортиментных таблиц.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Ассортимент цветочных растений для сада в японском стиле составлен на основе изучения ассортимента их в японских садах, созданных в Крыму. Дополнен и систематизирован на основании изучения литературных данных о происхождении и использовании цветочных растений в японских садах и садах в японском стиле, а также собственных наблюдений за состоянием растений в процессе культивирования их в условиях Крыма. Номенклатура многолетних цветочных растений приведена в соответствии со стандартными и современными источниками [2-4]. Подбор цветочных растений осуществлялся также на основании рекомендаций специалистов, с учетом всех факторов и условий произрастания [5].

Часть исследований проводилась на территории первого открытого для общего доступа японского сада в Украине, созданного на территории поселка Партенит в «Айвазовском», курируемого японским ландшафтным архитектором Широ Накане.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

### **1. Основные принципы, используемые при создании японских садов**

При создании сада в японском стиле нужно учитывать некоторые особенности, характеризующие японскую культуру и отраженные в ландшафтном искусстве Японии. Исторически сложилось, что по функциональному назначению японские сады делят на: дворцовые, храмовые, сады чайной церемонии и сады у жилого дома. По характеру рельефа выделяют плоский сад (равнинный) и холмистый сад (сад на склоне). По сложности композиционного пространства выделяют: полную форму – «син», полусокращенную – «со» и сокращенную – «гё» [1].

Создавая композицию из растений, группируя их необходимо учитывать, что в основе понимания прекрасного японцами лежат четыре понятия, называемые «саби», «ваби», «сибуй» и «югэн». Корни первых трех категорий уходят в синто, последней – «югэн» – следует искать в буддийской философии [6, 7].

Понятие «саби» связывает воедино красоту и естественность. То, что неестественно, согласно этому принципу, не может быть красивым. Следовательно, цветочные растения необходимо высаживать свободно, так как они могли бы расти в природе, симметрия при этом категорически неприемлема.

Понятие «ваби» воплощает связь между искусством и повседневной жизнью. Ваби – это мудрая сдержанность, отсутствие чего-либо вычурного и броского, благородная простота. Растения, несомненно, должны соответствовать этим принципам, а также подчеркивать простоту архитектуры.

Понятие «сибуй» объединяет первые два принципа – это красота естественности в сочетании с красотой простоты.

Последний принцип – «югэн», он означает изменчивость, недолговечность, недосказанность. Поэтому и растения необходимо подбирать так, чтобы цветение одних сменялось цветением других, постоянно изменяя композицию отдельных уголков сада. Динамичность, развитие, процесс совершенствования – все это

отражается в принципе «югэн». Для этого ассортимент цветочных и почвопокровных растений должен быть разнообразным, хотя в литературе указано не более десятка цветочных растений для японского сада, а этого недостаточно для создания даже одного из типов сада, например каменистого сада на склоне.

Цветовая гамма цветущих и декоративно-лиственных растений особенно важна, так как японцы являются большими эстетам и всегда следуют своим традициям. Разнообразие цветов не должно делать сад пестрым. Необходимо выделять оттенки одного цвета, а не представлять всю гамму цветов. Цвета должны плавно переходить из одного в другой минуя резких контрастов. Сад может быть и одноцветным, с мягким переходом оттенков и полутонов представленного цвета. Приглушенные тона также часто используются в японском саду. Следует избегать присутствия большого количества белого цвета [7].

Грамотно подбирая растения для японского сада необходимо учитывать их эстетические характеристики, законы формы и цвета (особенности их использования в японской культуре) с одной стороны, и требования самих растений к условиям произрастания (почвенным, климатическим и экологическим факторам) с другой стороны.

## **2. Результаты изучения ландшафтной организации и основных принципов подбора ассортимента цветочных растений в японских садах, созданных в Крыму**

Исследованные нами частные и закрытые для общего доступа японские сады в большинстве своем представляют собой по сложности композиционного пространства полную форму «син», по функциональному назначению они напоминают дворцовые сады, на территории которых могут располагаться и сады чайной церемонии, и элементы других садов. По характеру рельефа часто они представляют собой сочетание плоского сада и сада на склоне, особенно это характерно для японских садов, создаваемых на Южном побережье Крыма. Японский сад в «Айвазовском» представляет собой, скорее, полусокращенную форму «гё» и расположен на склоне, где искусственно сформирован рельеф, отсутствуют крупные водные объекты.

Анализируя ассортимент цветочных растений, используемых в японских садах, мы пришли к выводу, что видовой состав их достаточно большой, хотя в популярной литературе часто можно встретить высказывание о том, что для японского сада не характерно разнообразие растений. Скорее, в японских садах нет пестроты и цветовых контрастов, а растения подбирают так, чтобы в одно и то же время цвело всего от одного до нескольких видов, чтобы не образовывались большие контрастные цветущие пятна. Располагают цветочные растения, как в природе, не большими группами, а разбросано, естественно по одному или по несколько штук, между различными сооружениями, камнями, дорожками, травяным покровом (в Европе и у нас часто используют газон, хотя для традиционных японских садов это неприемлемо).

Можно выделить еще несколько общих особенностей в подборе цветочных растений: в основном это многолетние растения; большинство из них являются низкорослыми, почвопокровными; часть используемых растений – эфемероиды, все остальные, за редким исключением – вечнозеленые или полувечнозеленые

растения; многие низкорослые стелющиеся почвопокровники напоминают мох и являются альтернативой газону; цветение большинства из них недолговечно, часто цветки и соцветия практически не заметны среди листвы (декоративно-лиственные растения); многие красивоцветущие растения имеют цветки необычной, вычурной формы, но на общем фоне листвы они сильно не выделяются.

Климатические условия Японии дают возможность создавать сады, используя растения, требующие большого количества почвенной и воздушной влаги. Учитывая условия дефицита воды в Крыму, ассортимент растений изменяется в сторону увеличения количества ксерофитов, ксеро-мезофитов и мезофитов. Повышенная инсоляция также требует использовать больше гелиофиты, хотя без участия гигрофитов и сциофитов создать сад в японском стиле невозможно.

В исследуемых нами садах можно выделить следующие группы растений:

- цветочные растения, растущие под кронами деревьев и кустарников, предпочитающие тень или полутень (астильбы, бадан, водосбор, некоторые виды анемон, дицентра, медуница, купена, ландыш, морозник, пахизандра, роджерсия, тиарелла, хосты, папоротники);

- цветочные растения, растущие на каменистых склонах, предпочитающие солнце, иногда выносящие полутень (гвоздика травянка, гипсофила ползучая, гейхера, горечавка, зверобой чашечковый, ирисы, камнеломка, колокольчик карпатский, ширококолокольчик, лен многолетний, лапчатка кустарниковая, лилейники, мыльнянка, стенник, солнцезвезд, ясколка, очитки);

- цветочные растения, приуроченные к водным объектам (аир, понтедерия, нимфеи, лотосы, саза Вича, осоки, ирисы, калужница, мискантус).

### **3. Ассортимент используемых и перспективных многолетних цветочных растений для садов в японском стиле в Крыму**

Опираясь на законы ландшафтной архитектуры, с учетом японских традиций и личного опыта нами подобран ассортимент многолетних цветочных растений, в основном почвопокровных, соответствующих климатическим условиям Украины и Крыма. Для этого были выделены три большие группы растений: цветочные многолетние растения для тени и полутени; цветочные многолетние растения для солнечных мест; цветочные многолетние растения для водных объектов. В рамках этих трех групп отдельно растения делились по потребности их к влаге. Были установлены сроки цветения всех растений и отмечены наиболее удачные их сочетания по различным параметрам.

Группа 1 (цветочные многолетние растения для тени и полутени): анемона дубравная и лесная; астильба китайская, Арендса, курчавая; аквилегия обыкновенная, голубая, вееровидная; бадан Стречи и гибридные формы; брунера крупнолистная; герань крупнокорневищная, балканская, кроваво-красная; горянка разноцветная; копытень европейский; купена гибридная; ландыш майский; медуница сахарная; мшанка шиловидная; пахизандра верхушечная; печеночница обыкновенная; примула Флоринды, розовая, Зибольда; саза Вича; роджерсия перистая; тиарелла Вьери; хризогонум виргинский; хохлатка полая; различные виды и гибриды хост, папоротники (адиантум стоповидный, асплениум волосовидный, кочедыжник японский и женский, многорядник шиповатый и щитинковый, онюкля

чувствительная, страусник обыкновенный, щитовник краснорусовый); цикламен косский и плющелистный и др. (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Ассортимент цветочных многолетних растений для тени и полутени (для сада в японском стиле в условиях Крыма)**

| № п./п. | Название  | Условия освещения         | Потребность во влаге | Высота    |
|---------|---|---------------------------|----------------------|-----------|
| 1       | 2   | 3                         | 4                    | 5         |
| 1       | Анемона дубравная<br><i>Anemone nemorosa</i> L.                           | полутень                  | мезофит              | 25 см     |
| 2       | Анемона лесная<br><i>Anemone sylvestris</i> L.                            | тень,<br>полутень         | мезофит              | 50 см     |
| 3       | Анемона апеннинская<br><i>Anemone apennina</i> L.                         | полутень                  | мезофит              | 15 см     |
| 4       | Анемона корончатая<br><i>Anemone coronaria</i> L.                         | полутень                  | ксеро-<br>мезофит    | до 45 см  |
| 5       | Астильба китайская<br><i>Astilbe chinensis</i> (Maxim.) Franch. & Sav.    | полутень                  | мезофит              | до 120 см |
| 6       | Астильба Арендса<br><i>Astilbe Arendsii hybrida</i> Arends.               | полутень                  | мезофит              | 60-100 см |
| 7       | Бахромчатые гибридные астильбы<br><i>Astilbe crispa</i> (Arends) Bergmans | полутень                  | мезофит              | 30-40 см  |
| 8       | Бадан гибридный<br><i>Bergenia x hybrida</i> hort.                        | полутень                  | мезо-<br>гигрофит    | 30-50 см  |
| 9       | Бадан Стречи<br><i>Bergenia stracheyi</i> (Hook.f. & Thomson) Engl.       | полутень                  | мезо-<br>гигрофит    | 20-40 см  |
| 10      | Блетилла полосатая<br><i>Bletilla striata</i> (Thunb.) Rchb.f.            | полутень                  | мезофит              | 20-40 см  |
| 11      | Брунера крупнолистная<br><i>Brunnera macrophylla</i> (Adans.) I.M.Johnst. | полутень                  | мезофит              | до 50 см  |
| 12      | Водосбор вееровидный<br><i>Aquilegia flabellata</i> Siebold & Zucc.       | полутень                  | мезофит              | 20-30 см  |
| 13      | Водосбор голубой<br><i>Aquilegia caerulea</i> E.James                     | солнце,<br>полутень       | мезофит              | 60-70 см  |
| 14      | Водосбор обыкновенный<br><i>Aquilegia vulgaris</i> L.                     | полутень                  | мезофит              | 35-110 см |
| 15      | Герань крупнокорневищная<br><i>Geranium macrorrhizum</i> L.               | солнце,<br>полутень, тень | ксерофит             | 30-40 см  |

АССОРТИМЕНТ МНОГОЛЕТНИХ ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ САДА...

Продолжение таблицы 1

| 1  | 2   | 3                         | 4                 | 5                       |
|----|---|---------------------------|-------------------|-------------------------|
| 16 | Герань кроваво-красная<br><i>Geranium sanguineum</i> L.                 | солнце,<br>полутень       | ксерофит          | 20-50 см.               |
| 17 | Горянка разноцветная<br><i>Epimedium x versicolor</i> E.Morren          | полутень                  | мезофит           | 35 см                   |
| 18 | Дицентра исключительная<br><i>Dicentra eximia</i> (Ker Gawl.) Torr.     | солнце,<br>полутень, тень | мезофит           | до 30 см                |
| 19 | Дицентра красивая<br><i>Dicentra formosa</i> (Haw.) Walp                | солнце,<br>полутень, тень | мезофит           | до 30 см                |
| 20 | Копытень европейский<br><i>Asarum europaeum</i> L.                      | полутень, тень            | мезофит           | 10-15 см<br>почвопокр.  |
| 21 | Копытень хвостатый<br><i>Asarum caudatum</i> Lindl.                     | полутень, тень            | мезофит           | 15-20 см<br>почвопокр.  |
| 22 | Купена гибридная<br><i>Polygonatum x hybridum</i> Brügger               | полутень, тень            | мезофит           | 40-90 см,               |
| 23 | Ландыш майский<br><i>Convallaria majalis</i> L.                         | полутень                  | мезофит           | до 30 см                |
| 24 | Медуница сахарная<br><i>Pulmonaria saccharata</i> Mill.                 | полутень, тень            | мезофит           | до 30 см                |
| 25 | Морозник черный<br><i>Helleborus niger</i> L.                           | полутень, тень            | мезофит           | 30-60 см                |
| 26 | Морозник восточный (гибриды)<br><i>Helleborus orientalis</i> Lam.       | полутень, тень            | мезофит           | 45-75 см                |
| 27 | Мшанка шиловидная<br><i>Sagina subulata</i> (Sw.) C.Presl               | полутень                  | ксеро-<br>мезофит | 8 см<br>почвопокр.      |
| 28 | Окопник крупноцветковый<br><i>Symphytum grandiflorum</i> DC.            | солнце,<br>полутень, тень | мезофит           | 20-30 см                |
| 29 | Пахизандра верхушечная<br><i>Pachysandra terminalis</i> Siebold & Zucc. | полутень, тень            | ксеро-<br>мезофит | 20 см                   |
| 30 | Печеночница обыкновенная<br><i>Hepatica nobilis</i> Mill.               | полутень, тень            | мезофит           | 15 см                   |
| 31 | Примула Флоринды<br><i>Primula florindae</i> Kingdon-Ward               | полутень                  | мезофит           | до 60 см                |
| 32 | Роджерсия бузинолистная<br><i>Rodgersia sambucifolia</i> Hemsl.         | полутень                  | мезофит           | до 120 см во<br>вр. цв. |
| 33 | Роджерсия перистая<br><i>Rodgersia pinnata</i> Franch.                  | полутень                  | мезофит           | до 120 см во<br>вр. цв. |
| 34 | Саза Вича<br><i>Sasa veitchii</i> (Carrière) Rehder                     | солнце,<br>полутень, тень | гигрофит          | 30-80 см                |

| 1           | 2  | 3                         | 4                 | 5                            |
|-------------|--|---------------------------|-------------------|------------------------------|
| 35          | Тиарелла Вьери<br><i>Tiarella wherry</i> Lakela.                                   | полутень, тень            | мезофит           | 20-25 см                     |
| 36          | Хоста японская (ланцетолистная)<br><i>Hosta japonica</i> Tratt.                    | полутень                  | мезофит           | 25-40 см                     |
| 37          | Хоста Зибольда (белоокаймленная)<br><i>Hosta sieboldii</i> (Paxton) J.W.Ingram     | полутень                  | мезофит           | 30-40 см                     |
| 38          | Хохлатка полая<br><i>Corydalis cava</i> (L.) Schweigg. & Körte                     | солнце,<br>полутень, тень | ксеро-<br>мезофит | до 40 см с<br>цветоносом     |
| 39          | Хризогонум виргинский<br><i>Chrysogonum virginianum</i> L.                         | полутень,<br>тьень        | мезофит           | 25 см<br>почвопокр.          |
| 40          | Цикламен косский<br><i>Cyclamen coum</i> Mill.                                     | полутень                  |                   | 8-13 см                      |
| 41          | Цикламен плющелистный<br><i>Cyclamen hederifolium</i> Aiton                        | полутень                  | мезофит           | 10-15 см                     |
| 42          | Цимбалярия постенная<br><i>Cymbalaria muralis</i> P.Gaertn.,<br>В.Мей. & Scherb.   | полутень,<br>тьень        | мезофит           | стебли<br>длиной<br>30-60 см |
| Папоротники |  |                           |                   |                              |
| 43          | Адиантум стоповидный<br><i>Adiantum pedatum</i> L.                                 | полутень,<br>тьень        | мезофит           | 10-60 см                     |
| 44          | Асплениум волосовидный<br><i>Asplenium trichomanes</i> L.                          | полутень                  | гигро-<br>мезофит | 20-30 см                     |
| 45          | Кочедыжник японский<br><i>Athyrium niponicum</i> (Mett.) Hance                     | полутень,<br>тьень        | мезофит           | 20-60 см                     |
| 46          | Кочедыжник женский<br><i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth                       | полутень,<br>тьень        | гигро-<br>мезофит | 60-90 см                     |
| 47          | Многорядник шиповатый<br><i>Polystichum aculeatum</i> (L.) Schott                  | полутень,<br>тьень        | мезофит           | до 100 см                    |
| 48          | Многорядник щетинковый<br><i>Polystichum setiferum</i> (Forssk.) Moore<br>ex Woyn. | полутень,<br>тьень        | мезофит           | 90-100 см                    |
| 49          | Оноклея чувствительная<br><i>Onoclea sensibilis</i> L.                             | полутень                  | гигрофит          | до 70 см                     |
| 50          | Страусник обыкновенный<br><i>Matteuccia struthiopteris</i> (L.) Tod.               | солнце,<br>полутень, тень | гигрофит          | до 1,5 м                     |
| 51          | Щитовник краснорусовый<br><i>Dryopteris erythrosora</i> (D.C. Eaton)<br>Kuntze     | полутень                  | мезофит           | 45-60 см                     |

**АССОРТИМЕНТ МНОГОЛЕТНИХ ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ САДА...**

Группа 2 (цветочные многолетние растения для солнечных мест): анемона японская, хубейская, войлочная; астра альпийская; вербейник монетчатый; гейхера кроваво-красная; гемерокаллис гибридный; змееголовник Рюйша; герань крупнокорневищная, балканская, кроваво-красная; гипсофила ползучая; горечавка китайская; дриада восьмилепестная; дряквенник обыкновенный; дубровник обыкновенный; зверобой чашечковый; ирис карликовый, мечевидный, желтый, сглаженный, кровельный; камнеломка Арендса; лапчатка кустарниковая; очиток видный, едкий, белый; саза Вича; солнцезвезд гибридный; стенник вечнозеленый; тимьян ползучий; флокс шиловидный; хохлатка полая; хризантема корейская гибридная; цимбалярия постенная; ширококолокольчик крупноцветковый и др. (табл. 2).

**Таблица 2**  
**Ассортимент цветочных многолетних растений для солнечных мест (для сада в японском стиле в условиях Крыма)**

| № п./п. | Название   | Условия освещения      | Потребность во влаге  | Высота        |
|---------|--|------------------------|-----------------------|---------------|
| 1       | 2  | 3                      | 4                     | 5             |
| 1       | Анемона японская<br><i>Anemone japonica</i> Houtt.   | солнце, полутень       | мезофит               | 120-150 см    |
| 2       | Анемона хубейская<br><i>Anemone hupehensis</i> var. <i>japonica</i> (Thunb.) Bowles & Stearn | солнце, полутень       | мезофит               | 50-90 см      |
| 3       | Анемона войлочная<br><i>Anemone tomentosa</i> (Maxim.) C.Pei                                 | солнце, полутень       | мезофит               | до 120 см     |
| 4       | Астра альпийская<br><i>Aster alpinus</i> L.  | солнце                 | мезофит               | 25-30 см      |
| 5       | Арабис кавказский<br><i>Arabis caucasica</i> Willd.  | солнце, полутень       | мезофит               | 20-35 см      |
| 6       | Армерия приморская<br><i>Armeria maritima</i> Willd.   | солнце                 | ксерофит              | 15-30 см      |
| 7       | Вербейник монетчатый<br><i>Lysimachia nummularia</i> L.                                      | солнце                 | гигрофит, выд. засуху | 5 см, стелющ. |
| 8       | Водосбор голубой<br><i>Aquilegia caerulea</i> E.James  | солнце, полутень       | мезофит               | 60-70 см      |
| 9       | Гвоздика травянка<br><i>Dianthus deltoides</i> L.  | солнце                 | ксерофит              | до 40 см      |
| 10      | Гейхера кроваво-красная<br><i>Heuchera sanguinea</i> Engelm.                                 | солнце, полутень       | мезофит               | 25-60 см      |
| 11      | Герань крупнокорневищная<br><i>Geranium macrorrhizum</i> L.                                  | солнце, полутень, тень | ксерофит              | 30-40 см      |
| 12      | Герань кроваво-красная<br><i>Geranium sanguineum</i> L.                                      | солнце, полутень       | ксерофит              | 20-50 см.     |
| 13      | Гипсофила ползучая<br><i>Gypsophila repens</i> L.  | солнце, полутень       | ксерофит              | до 20 см      |

| 1  | 2  | 3                         | 4                               | 5                   |
|----|--|---------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 14 | Горечавка китайская украшенная<br><i>Gentiana sino-ornata</i> Balf.f.                  | солнце,<br>полутень       | гигро-<br>мезофит               | 10-15 см            |
| 15 | Дицентра исключительная<br><i>Dicentra eximia</i> (Ker Gawl.) Torr.                    | солнце,<br>полутень, тень | мезофит                         | до 30 см            |
| 16 | Дицентра красивая<br><i>Dicentra formosa</i> (Haw.) Walp                               | солнце,<br>полутень, тень | мезофит                         | до 30 см            |
| 17 | Дриада восьмилепестная<br><i>Dryas octopetala</i> L.                                   | солнце                    | ксерофит                        | 8-10 см<br>стелющ.  |
| 18 | Дубровник обыкновенный<br><i>Teucrium chamaedrys</i> L.                                | солнце,<br>полутень       | ксерофит                        | 20-45 см<br>стелющ. |
| 19 | Зверобой чашечковый<br><i>Hypericum calycinum</i> L.                                   | солнце,<br>полутень       | ксеро-<br>мезофит               | 30-45 см            |
| 20 | Змееголовник Рюйша<br><i>Dracocephalum ruyschiana</i> L.                               | солнце,<br>полутень       | ксеро-<br>мезофит               | 40-60 см            |
| 21 | Ирис японский<br><i>Iris japonica</i> Thunb.   | солнце,<br>полутень       | гигрофит<br>в период<br>цветен. | 70 см               |
| 22 | Ирис карликовый<br><i>Iris pumila</i> L.   | солнце                    | ксерофит                        | до 20 см            |
| 23 | Ирис германский<br><i>Iris x germanica</i> L.  | солнце,<br>полутень       | ксеро-<br>мезофит               | 20-30 см            |
| 24 | Ирис кроваво-красный<br><i>Iris sanguinea</i> Donn ex Hornem.                          | солнце,<br>полутень       | гигро-<br>мезофит               | до 90 см            |
| 25 | Ирис кровельный<br><i>Iris tectorum</i> Maxim.   | солнце,<br>полутень       | гигро-<br>мезофит               | 45 см               |
| 26 | Ирис разноцветный<br><i>Iris versicolor</i> L.   | солнце,<br>полутень       | мезофит                         | 30-50 см            |
| 27 | Ирис сибирский<br><i>Iris sibirica</i> L.  | солнце                    | гигрофит                        | 60-120 см           |
| 28 | Камнеломка Арендса<br><i>Saxifraga x arendsii</i> Engl.                                | солнце                    | ксерофит                        | 5-20 см             |
| 29 | Колокольчик карпатский<br><i>Campanula carpatica</i> Jacq.                             | солнце,<br>полутень       | ксеро-<br>мезофит               | до 30 см            |
| 30 | Ширококолокольчик<br>крупноцветковый<br><i>Platycodon grandiflorus</i> (Jacq.)<br>A.DC | солнце,<br>полутень       | ксеро-<br>мезофит               | до 25 см            |
| 31 | Лапчатка кустарниковая<br><i>Potentilla fruticosa</i> L.                               | солнце                    | ксеро-<br>мезофит               | до 100 см           |
| 32 | Лен многолетний<br>(карликовые гибриды)<br><i>Linum perenne</i> L.                     | солнце                    | ксеро-<br>мезофит               | 15-30 см            |

АССОРТИМЕНТ МНОГОЛЕТНИХ ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ САДА...

Продолжение таблицы 2

| 1  | 2   | 3                         | 4                 | 5                     |
|----|---|---------------------------|-------------------|-----------------------|
| 33 | Лилейник (красоднев) гибридный<br><i>Heimerocallis x hybrida</i> Bergmans     | солнце,<br>полутень       | ксеро-<br>мезофит | 30-90 см              |
| 34 | Мыльнянка базиликолистная<br><i>Saponaria ocymoides</i> L.                    | солнце                    | ксеро-<br>мезофит | до 20 см              |
| 35 | Обриета гибридная<br><i>Aubrieta x hybridae</i> Hausskn.                      | солнце,<br>полутень       | мезофит           | 10-20 см              |
| 36 | Очиток белый<br><i>Sedum album</i> L.   | солнце,<br>полутень       | ксерофит          | 5-7 см                |
| 37 | Очиток видный<br><i>Sedum spectabile</i> Boreau                               | солнце,<br>полутень       | ксерофит          | 30-60 см              |
| 38 | Очиток едкий<br><i>Sedum acre</i> L.  | солнце,<br>полутень       | ксерофит          | до 15 см              |
| 39 | Окопник крупноцветковый<br><i>Symphytum grandiflorum</i> DC                   | солнце,<br>полутень, тень | мезофит           | 20-30 см              |
| 40 | Пион молочноцветковый (гибриды)<br><i>Paeonia lactiflora</i> Pall.            | солнце                    | ксеро-<br>мезофит | 60-100 см             |
| 41 | Примула Зибольда<br><i>Primula sieboldii</i> E. Morren                        | солнце,<br>полутень       | мезофит           | до 30 см              |
| 42 | Примула розовая<br><i>Primula rosea</i> Royle                                 | солнце,<br>полутень       | гигро-<br>мезофит | 12-15 см              |
| 43 | Прострел обыкновенный<br><i>Pulsatilla vulgaris</i> Mill.                     | солнце                    | ксеро-<br>мезофит | 15-20 см              |
| 44 | Саза Вича<br><i>Sasa veitchii</i> (Carrière) Rehder                           | солнце,<br>полутень, тень | гигрофит          | 30-80 см              |
| 45 | Солнцецвет гибридный<br><i>Helianthemum x hybridum</i> hort.                  | солнце                    | ксерофит          | до 20 см              |
| 46 | Тимьян ползучий<br><i>Thymus serpyllum</i> L.                                 | солнце                    | ксерофит          | 5-15 см<br>стелющ.    |
| 47 | Флокс шиловидный<br><i>Phlox subulata</i> L.                                  | солнце                    | ксерофит          | 10-12 см              |
| 48 | Хохлатка полая, или клубневая<br><i>Corydalis cava</i> (L.) Schweigg. & Körte | солнце,<br>полутень, тень | ксеро-<br>мезофит | до 40 см<br>с цветон. |
| 49 | Хризантемы корейские гибридные<br><i>Chrysanthemum x koreanum</i> hort.       | солнце                    | мезофит           | 30-70 см              |
| 50 | Ясколка войлочная<br><i>Cerastium tomentosum</i> L.                           | солнце                    | ксеро-<br>мезофит | 20-30 см              |

На Южном побережье Крыма самым распространенным садом в японском стиле является сад на склоне, такие сады больше всего подходят для южнобережного рельефа, они сложны в исполнении, но эффектны. Для облегчения ухода и поддержания сада наиболее подходят многолетние цветочные растения способные расти среди камней и создавать эффект мха, также растения не

требовательные к влаге, выдерживающие длительное воздействие палящего солнца и соленого морского воздуха. К таким растениям можно отнести: дриаду восьмилепестную, дубровник обыкновенный, змееголовник Рюйша, ирис карликовый и ирис бородатый, камнеломку Арендса, колокольчик карпатский, лен многолетний, мыльнянку базиликолистную, очиток видный, очиток едкий, солнцезвезд гибридный, тимьян ползучий, флокс шиловидный, ясколку войлочную.

В особую группу следует выделить растения, которые являются универсальными и подходят для разных условий, они могут расти и на солнце и в тени, не требовательны к высокой влажности почвы, некоторые могут выдерживать даже кратковременное переувлажнение (анемона японская, хубейская, войлочная; герань крупнокорневищная, балканская, кроваво-красная; дубровник обыкновенный; зверобой чашечковый; хохлатка полая; змееголовник Рюйша; ширококолокольчик крупноцветковый). Эти растения следует рекомендовать не только для создания профессиональных японских садов, но и небольших частных садики в японском стиле.

Группа 3 (цветочные многолетние растения для водных объектов): аир болотный; вербейник монетчатый; белокрыльник болотный; ирис сибирский; калужница болотная; лотос орехоносный; мискантус китайский; нимфея (гибриды и сорта); осока высокая; понтедерия сердцелистная; сусак зонтичный; тростник австралийский и др. (табл. 3).

**Таблица 3**  
**Ассортимент цветочных многолетних растений для водных объектов (для сада в японском стиле в условиях Крыма)**

| № п./п. | Название   | Условия освещения   | Потребность во влаге | Высота           |
|---------|--|---------------------|----------------------|------------------|
| 1       | 2  | 3                   | 4                    | 5                |
| 1       | Аир болотный<br><i>Acorus calamus</i> L.                         | солнце              | гигрофит             | 60-120 см        |
| 2       | Аир злаковидный<br><i>Acorus gramineus</i> Sol.                  | солнце              | гигрофит             | 15-30 см         |
| 3       | Белокрыльник болотный<br><i>Calla palustris</i> L.               | солнце,<br>полутень | гигрофит             | 20-30 см         |
| 4       | Вахта трехлистная<br><i>Menyanthes trifoliata</i> L.             | солнце              | гигрофит             | 30 см            |
| 5       | Вербейник монетчатый<br><i>Lysimachia nummularia</i> L.          | солнце              | гигрофит             | 5 см,<br>стелющ. |
| 6       | Ирис желтый<br>(Ирис ложноаировый)<br><i>Iris pseudacorus</i> L. | солнце,<br>полутень | гигрофит             | 75-160 см        |

Продолжение таблицы 3

| 1  | 2   | 3                           | 4        | 5                     |
|----|---|-----------------------------|----------|-----------------------|
| 7  | Ирис сглаженный<br><i>Iris laevigata</i> Fisch.                                 | солнце,<br>полутень         | гигрофит | 30 см                 |
| 8  | Ирис мечевидный<br><i>Iris ensata</i> Thunb.                                    | солнце,<br>полутень         | гигрофит | до 80 см              |
| 9  | Ирис кроваво-красный<br><i>Iris sanguinea</i> Donn ex<br>Hornem.                | солнце,<br>полутень         | гигрофит | до 90 см              |
| 10 | Ирис разноцветный<br><i>Iris versicolor</i> L.                                  | солнце,<br>полутень         | гигрофит | 30-50 см              |
| 11 | Ирис сибирский<br><i>Iris sibirica</i> L.                                       | солнце                      | гигрофит | 60-120 см             |
| 12 | Калужница болотная<br><i>Caltha palustris</i> L.                                | солнце,<br>полутень<br>тьнь | гигрофит | 40 см                 |
| 13 | Лотос орехоносный<br><i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn.                            | солнце                      | гидрофит | 30-40 см<br>над водой |
| 14 | Мискантус китайский<br><i>Miscanthus sinensis</i> Andersson                     | солнце                      | гигрофит | 120-150 см            |
| 15 | Нимфея гибридные сорта<br><i>Nymphaea x hybrida</i> hort.                       | солнце                      | гидрофит | на поверхн.<br>воды   |
| 16 | Осока высокая<br><i>Carex elata</i> All.  | солнце                      | гигрофит | 60-75 см              |
| 17 | Понтедерия сердцелистная<br><i>Pontederia cordata</i> L.                        | солнце                      | гидрофит | 60 см                 |
| 18 | Саза Вича<br><i>Sasa veitchii</i> (Carrière) Rehder                             | солнце,<br>полутень<br>тьнь | гигрофит | 30-80 см              |
| 19 | Сусак зонтичный<br><i>Butomus umbellatus</i> L.                                 | солнце                      | гидрофит | 120 см                |
| 20 | Тростник австралийский<br><i>Phragmites australis</i> (Cav.)<br>Trin. ex Steud. | солнце                      | гигрофит | до 3 м                |
| 21 | Хвощ болотный<br><i>Equisetum palustre</i> L.                                   | солнце                      | мезофит  | до 90 см              |

Формируя группы многолетних цветочных растений лучше всего сочетать:

- тиареллу, хосту, пахизандру, роджерсию, астильбу, брунеру, бадан, папоротники и др. (тенистый сад);

- анемону, герань, бадан, копытень, аквилегию, хохлатку, примулы и др. (сад в полутени);

- змеголовник, горечавку, флокс, ширококолокольчик, дриаду, герань, дубровник, камнеломку, тимьян, лапчатку, зверобой, очиток и др. (сад на склоне, под прямыми солнечными лучами, возле камней);

- мискантус китайский, гемерокаллис, сазу Вича, вербейник монетчатый (сад возле воды).

Предложенный нами ассортимент хорошо сочетается с древесными и кустарниковыми растениями, используемыми в Японских садах.

### **ВЫВОД**

В результате работы были составлены ассортиментные таблицы цветочных многолетних растений для японских садов и садов в японском стиле в условиях Крыма включающие более 100 видов. Приведены основные характеристики растений по потребности во влаге и освещении. Даны рекомендации по использованию растений и сочетанию их друг с другом.

Было определено, что некоторые цветочные многолетние растения являются универсальными в наших условиях и могут произрастать как на открытом солнце, так и в полутени, и даже в тени, при этом они являются достаточно засухоустойчивыми (анемона японская, хубейская, войлочная; герань крупнокорневищная, балканская, кроваво-красная; дубровник обыкновенный; звербой чашечковый; хохлатка полая; змеголовник Рюйша; ширококолокольчик крупноцветковый).

### **Список литературы**

1. Боговая И.О. Ландшафтное искусство / И.О.Боговая, Л.М. Фурсова – М : Агропромиздат, 1988. – С. 54-58.
2. Определитель высших растений Крыма / [Под ред. Н.И. Рубцова]. – Л.: Наука, 1972. – 550 с.
3. Определитель высших растений Украины / Доброчаева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. и др. – К: Наукова думка, 1987. – 548 с.
4. The Plant List (2010). Version 1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> (accessed 1st January)
5. Голосова, Е.В. Сад в японском стиле / Е.В.Голосова – М.: ЗАО «Фитон», 2003. – 176 с.
6. Голосова, Е.В. Японский сад: история и искусство / Е.В.Голосова. – М.: издательство МГУЛ, 2002. – 284 с.
7. Лебедева А.Л. Японский сад / Алина Лебедева. – М. : Вече, 2002. – 320 с.

**Зильберварг И.Р. Ассортимент багаторічних квіткових рослин для саду в японському стилі в умовах Криму / І.Р. Зильберварг // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 54-66.**

Наведений великий асортимент багаторічних квіткових рослин для створення саду в японському стилі в умовах Криму. Рослини розділені на групи в залежності від вимог до умов культивування. Надані рекомендації щодо використання їх в різних типах японських садів.

**Ключові слова:** японський сад, багаторічні квіткові рослини.

**Zil'bervarg I.R. The range of species of perennial flowering plants garden in Japanese style in Crimea / I.R. Zil'bervarg // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 54-66.**

We have presented an extensive assortment of perennial flowering plants to create a garden in the Japanese style in the Crimea. Plants are divided into groups depending on the requirements of the conditions of cultivation. We have recommendations for their use in different types of Japanese gardens.

**Keywords:** Japanese garden, perennial flower plants.

*Поступила в редакцію 21.11.2012 г.*

**УДК 634.42:57.085.2**

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭКСПЛАНТОВ ФЕЙХОА НА ЭТАПЕ ВВЕДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO***

*Иванова Н.Н., Митрофанова И.В., Шишкина Е.Л.*

*Никитский ботанический сад – Национальный научный центр НААН Украины, Ялта, Украина  
E-mail: in\_vitro@ukr.net*

Разработан способ получения асептической культуры фейхоа в условиях *in vitro*, позволяющий получить до 80% жизнеспособных эксплантов, свободных от контаминации. Изучены особенности развития первичных эксплантов на этапе введения в культуру *in vitro*. Показано влияние зеатина и БАП в модифицированной питательной среде МС на регенерацию микропобегов фейхоа.

**Ключевые слова:** фейхоа, экспланты, морфогенез, регенерация, микропобег.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Вечнозеленое субтропическое растение фейхоа – сравнительно новая культура для Украины. Родина ее – Южная Америка. Род *Feijoa* Berg. относят к семейству (*Myrtaceae*) Juss. (Миртовые; надпорядок *Myrtales*) [1]. В Европе фейхоа появилась в 1890 г. В Никитском ботаническом саду первые декоративные насаждения фейхоа были заложены в 1910 г. завезенными из Сухумского ботанического сада саженцами. Сегодня коллекция фейхоа в НБС–ННЦ насчитывает около четырехсот форм, возраст которых составляет более 30-70 лет. Плоды фейхоа употребляются в свежем и переработанном виде. Они богаты пектинами, углеводами, витамином С, Р - активными веществами, полифенольными соединениями с преобладанием катехинов.

Исследования последних лет показали, что успешное размножение отдельных сортов и форм фейхоа возможно с применением культуры органов и тканей [2-5]. В настоящее время особый интерес представляет изучение и выявление общих закономерностей возможности реализации органогенеза и соматического эмбриогенеза у перспективных сортов и форм фейхоа из коллекции НБС–ННЦ и разработка биотехнологических приемов их размножения и сохранения.

Цель наших исследований – выявить морфогенетический потенциал эксплантов фейхоа на начальных этапах культивирования в условиях *in vitro*, получить асептическую культуру и изучить особенности развития первичных эксплантов растений сорта Никитская Ароматная и перспективных крупноплодных форм Ф1 и Ф2.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследования проведены на базе лаборатории биохимии, биотехнологии и вирусологии растений НБС–ННЦ НААН Украины. Исходный растительный

материал – растения фейхоа сорта Никитская Ароматная и перспективных селекционных форм Ф1 и Ф2 коллекционных насаждений НБС–ННЦ. Стерилизацию растительного материала и его введение в изолированную культуру проводили в ламинарных боксах марки Fatran (Чехия). При стерилизации инструментов, лабораторной посуды и питательных сред придерживались общепринятых методов асептики [6, 7]. В качестве первичных эксплантов использовали меристематические ткани и вегетативные почки однолетних побегов. Для освобождения эксплантов от экзогенной инфекции применяли 70%-ный этиловый спирт (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), Domestos (2-4%-ный раствор гипохлорита натрия NaClO), Украина, Дез ТАБ (0,45% активного хлора в растворе), Украина, 1% раствор Thimerosal (Германия).

Экспланты культивировали на модифицированной нами питательной среде Мурасиге и Скуга (1962) [8]. Для индукции морфогенеза в качестве регуляторов роста использовали зеатин, кинетин и 6-бензиламинопурин (БАП). Стерилизацию питательных сред осуществляли в автоклаве при давлении 0,7-0,8 атм. в течение 20-25 мин.

Культуральные сосуды с изолированными эксплантами помещали в климатическую комнату с температурой 22-25°C, 16-часовым фотопериодом, интенсивностью освещения 2-3 клк. Инфицированные и погибшие экспланты удаляли, а жизнеспособные переносили на среду для дальнейшего культивирования. Субкультивирование эксплантов проводили через 3-4 недели. Учитывали количество регенерировавших микропобегов с одного экспланта. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы «Математическая статистика», версия 6.0.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время в ряде научных публикаций представлены сведения о приемах стерилизации различных культур [9-12]. Однако, как показали наши исследования, часто при проведении стерилизации происходит сильное повреждение растительных тканей, поэтому необходимо было применять наименее токсичные реагенты, подбирая их концентрацию и экспозицию стерилизации. Развитие вегетативных почек фейхоа в условиях *in vitro* зависело от сезона года, на протяжении которого изолировали первичные экспланты. В результате проведенных нами экспериментов установлено, что наилучшим сроком отбора эксплантов фейхоа является июнь-сентябрь, с появлением зеленых вызревших побегов. В этот период они лучше переносят стерилизацию и активнее начинают развиваться. На этапе введения в культуру *in vitro* применение известных способов стерилизации оказалось не эффективным, так как при этом наблюдалась низкая жизнеспособность эксплантов и высокий уровень контаминации. Для получения асептической культуры фейхоа было изучено действие различных реагентов, их концентраций и экспозиций (табл.1). Как видно из таблицы 1, оптимальной оказалась ступенчатая стерилизация, которая выполнялась в следующей последовательности: растительный материал погружали в 70%-ный раствор этилового спирта, затем 0,3% раствор Дез ТАБ и 1% раствор Thimerosal. После

каждого реагента экспланты промывали в стерильной дистиллированной воде, что позволило получить до 80% свободных от контаминации. При этом экспланты не меняли окраску и проявляли высокую способность к морфогенезу. При использовании 2-4% раствора гипохлорита натрия эффективность стерилизации была низкой: уровень контаминации составлял 65-75%. Регенерационный потенциал стерильных эксплантов был низким и не превышал 3-8%. Как видно из данных, приведенных в таблице 1, только 3-8% стерильных эксплантов были способны к дальнейшей регенерации микропобегов. Сокращение экспозиции стерилизации увеличивало частоту контаминации эксплантов.

**Таблица 1**  
**Результаты стерилизации различными способами эксплантов**  
***Feijoa sellowiana* Berg.**

| Способ стерилизации  | Режим стерилизации, мин | Количество эксплантов, % |             |
|--|-------------------------|--------------------------|-------------|
|  |                         | инфицированных           | развившихся |
| 1. 70 %-ный C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH<br>0,3%-ный р-р Дез<br>ТАБ<br>1% р-р Thimerosal | 1<br>6-15<br>10         | 20,0 ± 5,6               | 50,0 ± 11,7 |
| 2. 70%-ный C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH<br>2%-ный р-р Domestos                           | 1<br>6-18               | 75,0 ± 7,36              | 8,0 ± 4,5   |
| 3. 70%-ный C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH<br>4%-ный р-р Domestos                           | 1<br>6                  | 65,0 ± 16,5              | 3,0 ± 1,9   |

Жизнеспособные экспланты фейхоа помещали на питательную среду МС в нашей модификации, дополненную регуляторами роста. Применение питательной среды МС обусловлено тем, что в ее составе содержится повышенная концентрация неорганического азота за счет присутствия аммонийного и нитратного азота. Это обеспечивает стабильность протекания процессов дифференциации и способствует получению регенерантов. Для снижения отрицательного воздействия на растительные ткани фенолов, которые, как правило, у древесных растений выделяются на месте среза растительных тканей, обычно используют антиоксиданты: аскорбиновую кислоту, глутатион [2, 10, 13]. Нашими опытами показано положительное влияние аскорбиновой кислоты на первом этапе культивирования, что снижало ингибирующее действие фенолов и способствовало повышению жизнеспособности эксплантов. Эксперименты показали, что испытанные нами регуляторы роста оказывали различное влияние на рост основного побега и активацию пазушных почек, которые наблюдали в течение первого пассажа (до 55%). При этом одновременно с развитием главного побега было отмечено формирование 1-2 адвентных почек. Такие побеги разделяли на микрочеренки с вегетативной почкой и культивировали на среде МС, дополненной 1,85-2,73 мкМ зеатина или 2,22-3,55 мкМ БАП (табл. 2). Дальнейшее увеличение концентрации цитокининов приводило к формированию каллуса, оводнению микропобегов и их гибели. Уменьшение

концентрации зеатина до 0,91-1,36 мкМ и БАП до 2,22 мкМ в питательной среде заметно снижало частоту побегообразования, но способствовало вытягиванию. Сравнительный анализ результатов испытания регуляторов роста на индукцию побегообразования показал необходимость введения последнего в состав питательной среды МС. Исключение цитокинина из состава питательной среды полностью подавляло как образование пазушных побегов, так и апикальный рост. Культивирование микропобегов в течение двух пассажей на среде МС без зеатина приводило к некрозу верхушек побегов, потемнению стебля, отмиранию листьев и завершалось полной гибелью побега. Как видно из данных, представленных в таблице 2 при концентрации БАП 0,88-1,33 мкМ ни в одном из вариантов опытов формирование микропобегов не отмечено. Кинетин в используемых нами концентрациях (0,93 - 9,30 мкМ) замедлял регенерацию микропобегов исследуемых генотипов фейхоа, при этом активизировал образование и рост каллуса в базальной части вегетативной почки. Полученные данные согласуются с ранее полученными результатами по размножению отдельных сортов и форм фейхоа с применением культуры органов и тканей [2, 3]. Полученные в процессе эксперимента микропобеги достигали 4,5-5 см и при этом не имели морфологических отклонений.

Таблица 2

**Влияние концентрации БАП и зеатина на регенерацию микропобегов из изолированных вегетативных почек *Feijoa sellowiana* Berg. после 4-х недельного культивирования в условиях *in vitro***

| Концентрация цитокинина, мкМ | Среднее количество микропобегов / на изолированную почку, шт. |
|------------------------------|---|
| Контроль*                    | 0,2 ± 0,1   |
| Зеатин                       |   |
| 0,91                         | 1,7 ± 0,1   |
| 1,36                         | 2,5 ± 0,1   |
| 2,73                         | 2,9 ± 1,3   |
| 4,56                         | 3,1 ± 0,8   |
| 9,12                         | 3,7 ± 1,2   |
| БАП                          |   |
| 0,88                         | 0   |
| 1,33                         | 0   |
| 2,22                         | 1,3 ± 0,1   |
| 4,40                         | 1,8 ± 0,1   |

Примечание. \*Контроль – питательная среда без цитокинина

**ВЫВОД**

Таким образом, в процессе исследований разработаны приемы получения асептической культуры эксплантов фейхоа сорта Никитская Ароматная и селекционных форм Ф1 и Ф2. Установлены особенности морфогенеза вегетативных почек в условиях *in vitro* и подобраны оптимальные концентрации регуляторов роста

в питательной среде МС для этапов индукции развития морфогенеза эксплантов и регенерации микропобегов.

### Список литературы

1. Субтропические плодовые и орехоплодные культуры: Научно-справочное издание. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2012. – С. 157-168.
2. Кондратенко О.Н. Влияние различных концентраций витаминов на рост и развитие растений фейхоа в культуре *in vitro* / О.Н. Кондратенко, И.В. Митрофанова // Ученые записки Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Серия Биология. – 2003. – Т. 16 (55), № 2. – С. 98-102.
3. *In vitro* morphogenesis in Feijoa sellowiana. Somatic embryogenesis and plant regeneration / M.P. Guerra, R. Pescador, L. Dal Vesco [et al.] // Acta Hort (ISHS). – 1997. – Vol. 452 – P. 27-36.
4. Protocolo de micropropagação da goiabeira serrana (*Acca sellowiana* (Berg) Burret) / A.C. Oltramari, L.L.D. Vesco, E.L. Pedrotti [et al.] // Ciência Rural. – 2000. – V. 30, № 1. – P. 61-68
5. Somatic embryogenesis from floral tissues of feijoa (*Feijoa sellowiana* Berg) / S. Stefanello, L.L. Dal Vesco, J.P. Ducroquet [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2005. – Vol. 105, №1. – P. 117-126.
6. Калинин Ф.Л. Технология микроклонального размножения растений./ Калинин Ф.Л., Кушнир Г.П., Сарнацкая В.В. – Киев: Наукова думка, 1992. – 232 с.
7. Митрофанова О.В. Методы биотехнологии в селекции и размножении субтропических и косточковых плодовых культур / О.В. Митрофанова, И.В. Митрофанова, А.В. Смьков, Н.П. Лесникова // Интенсификация селекции плодовых культур: Труды Никит. ботан. сада. – 1999. – Т. 118 – С. 189-200.
8. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays tobacco tissue culture / T. Murashige, F. Skoog // Physiol. Plant. – 1962. – Vol. 15, № 3. – P. 473-497.
9. Иванова Н.Н. Клональное микроразмножение некоторых листовых декоративных растений / Н.Н. Иванова // Биотехнологические исследования садовых и других ценных многолетних культур: Труды Никит. ботан. сада. – 1977. – Т. 119. – С. 153-168.
10. Черевченко Т.М. Биотехнология тропических и субтропических растений *in vitro*. / Черевченко Т.М., Лаврентьева А.Н., Иванников Р.В. – Киев: Наукова думка, 2008. – 559 с.
11. Basal S.K. Ornamental Plant sand Biotechnology. / Basal S.K. – Iapur : Book Enclave, 2007. – V. VIII. – 308 p.
12. Dixon R.A. Plant cell culture: a practical approach. / Dixon R.A. – Oxford, Washington: IPL Press Limited, 1985. – 236 p.
13. Митрофанова И.В. Регенерация *in vitro* микропобегов из вегетативных почек зизифуса китайского (*Zizyphus jujuba* Mill.) и физические факторы культивирования / И.В. Митрофанова // Бюл. Никит. бот. Сада. – 2003. – Вып. 87. – С. 63-66.

**Иванова Н.М. Особливості розвитку експлантів фейхоа на етапі введення в умови *in vitro* / Н.М. Иванова, І.В. Митрофанова, О.Л. Шишкіна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 67-71.**

Розроблено спосіб отримання асептичної культури фейхоа в умовах *in vitro*, який дозволяє отримати до 80% життєздатних експлантів, вільних від контамінації. Показано вплив зеатину та БАП в модифікованому поживному середовищі МС на регенерацію мікропагонів в умовах *in vitro*.

**Ключові слова:** фейхоа, експлант, морфогенез, регенерація, мікропагін.

**Ivanova N.N. Peculiarities of development of feijoa explants in condition *in vitro* on the stape of introduction / N.N. Ivanova, I.V. Mitrofanova, E.L. Shishkina // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 67-71.**

The method of obtaining of aseptical culture of feijoa in condition *in vitro* allowed to receive 80% of viable explants free from contamination has been worked out. The peculiarities of development of primary explants on the stage of introduction in culture *in vitro* have been studied. The influence of zeatine and BA in modified medium MS on the regeneration of feijoa microshoots has been shown.

**Keywords:** explants, morphogenesis, regeneration, microshoot.

Поступила в редакцію 17.11.2012 г.

**УДК 639.2:532.6**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В ШАХТНОЙ ВОДЕ**

*Калиновский П.С., Подопригора В.Н.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: 060394178@mail.ru*

Установлено, что вытяжка гумусовых кислот, полученная из биогумуса высокого качества, обладает ионообменной активностью и высокой сорбционной способностью. Добавление уже небольших количеств вытяжки приводит к падению содержания растворённых веществ. Добавляя вытяжку гуминовых веществ в шахтную воду, удалось создать примитивную водную экосистема близкую по свойствам к морской и пригодную для жизни средиземноморского краба.

**Ключевые слова:** водная экосистем, гуминовые вещества, шахтные воды, средиземноморский краб.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема очистки шахтных вод важна как в теоретическом, так и в прикладном плане. С одной стороны, её практическую актуальность трудно переоценить в силу как распространённости шахт и *шахтных прудов-накопителей* у нас в стране, так и многоаспектности их отрицательного влияния на био- и техносферу. С теоретической же точки зрения, важность этой проблемы обусловлена комплексным характером загрязнения с одной стороны, и необходимостью поиска путей и методов необходимо включающих биологическую составляющую для минимизации сопутствующего ущерба окружающей среде в ходе такой очистки – с другой.

Многие исследователи и практики последнее время обращают усиленное внимание на возможность использования в хозяйственном обороте такого водного ресурса, как шахтные воды. Такой подход способствует решению двух проблем: преодоление дефицита водных ресурсов в маловодных регионах, которым является в частности Донбасс, и снижение техногенной нагрузки на природную водную среду из-за уменьшения сброса загрязнённых шахтных вод. По данным А.Н. Алипова с соавторами [1], только в Донецкой области объем откачки шахтных вод на земную поверхность составляет свыше 860 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Широкому использованию шахтных вод в хозяйстве препятствует их загрязненность на действующих шахтах взвешенными, коллоидными, молекулярными (преимущественно органическими), ионными (растворенные соли) и бактериальными примесями. Удаление взвешенных и бактериальных примесей решается довольно простыми методами, а изъятие из воды растворенных (молекулярных и ионных) примесей требует ввиду их высокой дисперсности применения дорогостоящих технологий. Особо трудной проблемой на настоящем

этапе является деминерализация шахтных вод (удаление растворенных солей) [2]. Подобные дорогостоящие проекты разрабатываются с одной целью – обеспечить дополнительными источниками водоснабжения население, промышленность и сельское хозяйство. Но полученная в результате реализации подобных проектов очищенная шахтная вода будет иметь высокую себестоимость, что снижает её привлекательность для потребителя. Мы предлагаем рассмотреть шахтные воды как ресурс для создания ведения технических аквакультур.

Как первый этап реализации этой идеи нами был предложен двухступенчатый метод, суть которого сводится к тому, что на первой ступени производится относительно быстрая частичная нормализация состава воды при помощи реагента первичного воздействия, что создаёт предпосылки для реализации следующей ступени – создания на основе водоёма самоподдерживающейся экосистемы, включающей биофильтраты растительного и животного происхождения. Эти организмы будут решать задачу поддержания состава воды в пределах необходимых границ по интересующим показателям. Вместе с тем такой биоценоз будет обладать определённой продуктивностью, что позволяет рассчитывать на его хозяйственную ценность.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для эксперимента по оценке эффективности методики изменения состава шахтной воды была использована вода пруда-накопителя ШУ «Покровская».

В качестве многоцелевого реагента первичного воздействия была применена вытяжка гумусовых кислот, полученная из биогумуса высокого качества: обладая ионообменной активностью и высокой сорбционной способностью [3], они эффективно осаждают широкий спектр загрязнителей, в тоже время их относительно низкая подвижность и реакционная способность, позволяют как минимизировать общее загрязняющее действие, так и практически исключить эвтрофикацию водоёма. При этом они служат питательной средой стимулирующей развитие водорослей, что создаёт предпосылки для второго этапа очистки. Содержание гуминовых кислот в вытяжке достигало 40г/л. Содержание калия в вытяжке колебалось в пределах 0,1-0,15 М, рН находился в пределах 6,5-7,5.

Наиболее простой способ оценки влияния вытяжки на интегральный состав воды – учёт остатка растворённых солей. С этой целью экспериментальный раствор подвергали предварительному центрифугированию при 3000 об/мин на центрифуге ОПн-ЗУХЛ4,2 в течение 15 мин для отделения осадка, образованного кислотами вытяжки при взаимодействии с веществами, растворёнными в шахтной воде.

Растворённый остаток подвергался выпариванию с последующим гравиметрическим анализом. Для анализа зависимости снижения количества растворённых солей от концентрации вытяжки были выбраны концентрации 2,5%, 10% 15% и 25% масс.

Для создания моделей водных экосистем использовались три аквариума (16x36,5x21,5 ). Каждый аквариум был оснащен фальшдном на которое были насыпаны керамические гранулы слоем 10 см. Все аквариумы были плотно закрыты

покровными стеклами, что зачищало их от попадания пыли и не давало испаряться воде. В аквариуме №1 была залита шахтная вода, в аквариум №2 была залита шахтная вода с добавлением вытяжки (2,5%), аквариум №3 содержал шахтную воду с добавлением вытяжки (2,5%) и освещался лампой накаливания мощностью 100 ватт. Во всех аквариумах вода извлекалась с помощью помпы фирмы Atman мощностью 360 л/ч из под фальшдна и через дождевальную установку возвращалась опять в аквариум. Рабочий объем каждого аквариума составлял 6 литров.

В качестве тестовых гидробионтов были использованы средиземноморские крабы *Carcinus mediterraneus Czerniavsky, 1884*. Этот краб обитает в Средиземном и Черном морях. Окраска варьирует, обычно слегка зеленоватая. Является самым обычным и массовым прибрежным крабом. Встречается часто в лагунах, заливах, соленых лиманах, среди zostеры до глубины 70 м. Обычен среди камней, реже на песке и гравии. Часто панцирь обрастает моллюсками, балянусами и гидроидами [4]. В каждый аквариум было посажено по одному экземпляру. Эксперимент продолжался тридцать дней.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как видно из таблицы (см. Табл. 1) добавление уже небольших количеств вытяжки приводит к падению содержания растворённых веществ на 8,5-9%, при дальнейшем повышении концентрации разность достигает статистически достоверных величин.

**Таблица 1**  
**Влияние вытяжки на содержание растворённых веществ в шахтной воде (n=4)**

| Концентрация вытяжки (масс%) | 0        | 2,5      | 10        | 15        | 25         |
|------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|------------|
| Растворённые вещества (г/л)  | 31,8±6,5 | 29,1±1,9 | 25,5±2,4* | 22,5±2,6* | 19,7±3,1** |

Примечание: \* - достоверность различий с контролем при  $p < 0,05$ ; \*\* - при  $p < 0,01$

Наглядно результаты таблицы представлены на рисунке 1. На котором видно, что количество растворенных в шахтной воде веществ (сухого осадка) обратно пропорционально зависит от количества вытяжки. Используя формулу, по которой на рисунке 1 построена линия тренда, мы с высокой точностью можем вычислять количество растворенных веществ в шахтной воде при добавлении разных концентраций вытяжки гуминовых кислот, что подтверждает близкая к единице величина достоверности аппроксимации  $R^2$  ( $R^2_1=0,96$ ). Это, позволяет с утверждать, что вытяжка гуминовых кислот в определенных концентрациях меняет количественный состав микро- и макроэлементов в шахтной воде.

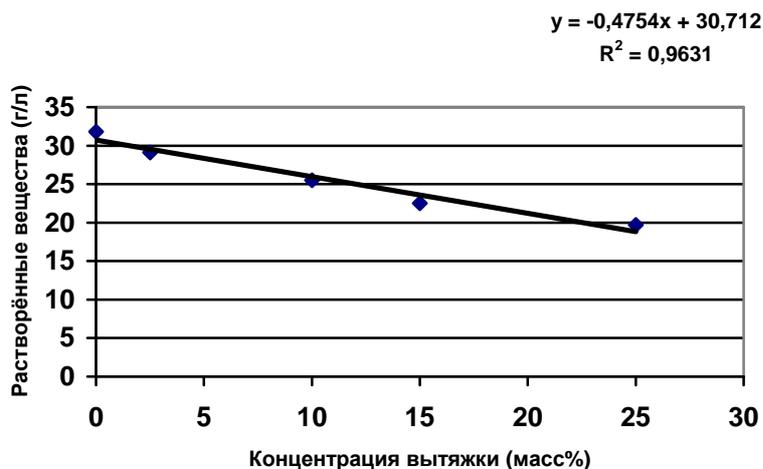


Рис. 1. Зависимость количества растворенных веществ в шахтных водах от концентрации в них вытяжки гуминовых кислот.

В ходе экспериментов в ёмкости со стоячей водой было установлено, что основная масса вытяжки в ходе взаимодействия с шахтной водой оседает, образуя интенсивно окрашенный придонный слой. В дальнейшем небольшая её часть может выноситься к поверхности за счёт конвективных течений. Это отличие распределения от известного для широко применяемых коммерческих препаратов гуминовых кислот и гуматов, по всей вероятности обусловлено различием в источниках получения гумусовых веществ: если в известных авторам коммерческих препаратах в качестве исходного сырья используется вытяжка из бурых углей и леонардита, для которых характерно преобладание гумусовых веществ со средней массой 4-15 (до 22 в отдельных случаях) кДа, то для эксперимента описанного в данной статье в качестве основы использовался высокопродуктивный биогумус, для которого характерны гумусовые вещества массой 100-200 кДа с более высоким (в пределах 4-5% масс) содержанием азота [5]. Это обуславливает Во-1 их большее сродство к гидрофобным загрязнителям, во-2 более высокую ценность в качестве источника макроэлементов для фитобиоты и в-3 в отсутствие интенсивного перемешивания – относительно большую прозрачность поверхностных слоёв воды, что необходимо для запуска второй стадии очистки – размножения водорослей.

Основывая на выше описанных данных, нами в трех аквариумах были созданы модели водных экосистем. В каждый из которого было помещено по одному самцу средиземноморского краба. В аквариуме с чистой шахтной водой (аквариум №1) на сорок пятой минуте потерял координацию движения. В конце второго часа погиб. В двух других аквариумах крабы себя прекрасно чувствовали: нормально питались, у них проявлялось нормальное поисковое и защитное поведение. На четырнадцатый – пятнадцатый день в аквариуме №3 с искусственным освещением начал появляться зеленый налет с редкими вкраплениями бурых пятен на керамике и панцире краба.

На тридцатый день этим налетом были покрыты все поверхности аквариума. После окончания эксперимента оба краба себя прекрасно чувствуют и продолжают жить в этих экспериментальных аквариумах.

Полученные результаты закономерно подтверждают наши предположения, основанные на теоретических и полученных экспериментальных данных. Относительно небольшого количества вытяжки (2,5% раствор вытяжки гуминовых кислот в шахтной воде) было достаточно, чтобы изменить соотношение микро- и макроэлементов в шахтной воде. Как следствие эта водная экосистема стала пригодной для жизни крабов.

Мы можем с уверенностью говорить о сбалансированных водных экосистемах в оставшихся двух аквариумах, о чем свидетельствуют следующие признаки:

- Хорошее самочувствие гидробионтов (средиземноморские крабы).
- Высокая прозрачность воды, которая не менялась в течение эксперимента.
- Появление зеленого налета на поверхности керамики в освещенном аквариуме (что говорит об активной жизнедеятельности различных микроорганизмов, попавших в данную экосистему на панцирях крабов).
- Запах воды в аквариумах был сравним с запахом воды прибрежной зоны Черного моря. В тоже время запах необработанной шахтной воды напоминает запах раствора соды.

Таким образом, можно говорить о том, что в аквариумах № 1 и № 2 установились примитивные водные экосистемы, близкие по свойствам к морским.

### **ВЫВОДЫ**

1. Получено подтверждение, что вытяжка гумусовых кислот, полученная из биогумуса высокого качества, обладает ионообменной активностью и высокой сорбционной способностью.
2. Добавление уже небольших количеств вытяжки гумусовых кислот приводит к падению содержания растворённых веществ. Разница становится статистически достоверной при переходе от 2,5% к 10% концентрации.
3. 2,5% концентрация вытяжки гуминовых кислот в шахтной воде достаточна для того, чтобы непригодная для жизни крабов вода стала пригодной. При этом в экспериментальных аквариумах установилась примитивная водная экосистема, близкая по свойствам к морской.

### **Список литературы**

1. Алипов А.Н. Водообеспечение населения, промышленности и сельского хозяйства Донбасса. Вовлечение собственных ресурсов / А.Н. Алипов, Д.Д. Мягкий, Э.В. Янковская // Вода і водочисні технології. – 2007. – №4. – С. 17–22.
2. Омельчинко Н.П. Перспективы вовлечения шахтных вод Донбасса в хозяйственный водооборот / Н.П. Омельчинко, В.Р. Пудвиль, Л.И. Коваленко // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Серія: Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва, 2010 – Т. 83, № 3 – С. 241– 246.
3. Мальцева Е.В. Особенности Адсорбционного взаимодействия гуминовых кислот с биоцидами / Е.В. Мальцева, А.А. Иванов, Н.В. Юдина // Журнал физической химии, 2009. – Т.83, № 11 – С. 2175–2179

4. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей в трёх томах. Свободноживущие беспозвоночные. Ракообразные. Т. 2. – Отв. ред. В. А. Водяницкий. – Киев, Наукова думка. – 1969. – 536 с.
5. Перминова И.В. Анализ, классификация и прогноз свойств гумусовых кислот : дисс... док. хим. наук. / Перминова И.В. – Москва, МГУ. – 2000. – 359 с.

**Калиновський П.С. Використання гумінових речовин для створення водної екосистеми в шахтній воді / П.С. Калиновський, В.М. Подопрігора // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 72-77.**

Встановлено, що витяжка гумусових кислот, отримана з біогумусу високої якості, володіє іонообмінною активністю і високою сорбційною здатністю. Додавання вже невеликих кількостей витяжки призводить до падіння вмісту розчинених речовин. Додаючи витяжку гумінових речовин в шахтну воду, вдалося створити примітивну водну екосистему, близьку за властивостями до морської та придатну для життя середземноморського краба.

**Ключові слова:** водна екосистема, гумінові речовини, шахтні води, середземноморський краб.

**Kalinovsky P.S. Using of humin substances for creating a water ecosystem in mine water / P.S. Kalinovsky, V.N. Podoprigora // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 72-77.**

Humin acid extract obtained from biohumus of high quality was shown to have ion-exchange activity and high sorption characteristics. Adding the extract to mine water, we created a primitive water ecosystem close to a marine one and suitable for crab *Carcinus aestuarii*.

**Keywords:** water ecosystem, humin substances, mine water, *Carcinus aestuarii*.

*Поступила в редакцію 02.12.2012 г.*

**УДК 612.82/83; 612.821**

## **АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА МУЖЧИН ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СУБТЕСТА ЛОГИЧЕСКОГО ОТБОРА ТЕСТА СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТА АМТХАУЭРА**

*Кисилев Б.А., Филимонова Н.Б.*

*Отдел "Физиологии мозга и психофизиологии" НИИ физиологии имени академика Петра Богача  
УНЦ "Институт биологии" КНУ имени Тараса Шевченко, Киев, Украина  
E-mail: filimonova@univ.kiev.ua*

Было выявлено, что тестирование логического отбора вербальной информации происходит на основе целостного, образного восприятия предложений.

**Ключевые слова:** вербальный интеллект, ЭЭГ, оперативная память.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В интеллекте обнаруживается наличие определенных «центров тяжести» – речевого, счетно-математического интеллекта, пространственных представлений, функций памяти и др. [1]. Тест Амтхауэра состоит из девяти субтестов, каждый из которых направлен на измерение различных функций интеллекта [1]. Первый субтест – Логический отбор (ЛО) направлен на исследование индуктивного мышления, чутья языка [1]. Целью работы было исследовать изменения активности головного мозга у мужчин при тестировании функции вербального интеллекта, связанной с оценкой лексического запаса, логического отбора вербальной информации.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании добровольно участвовало 14 мужчин - правшей в возрасте 19-23 лет, студентов 2-4 курсов КНУ имени Тараса Шевченко. Во время обследования производилась фоновая запись с открытыми и закрытыми глазами, а также каждый его участник последовательно проходил 3 компьютерных субтеста: Простая сенсомоторная реакция (ПСМР), Реакции выбора (РВ) [2] и ЛО. Компьютерный тест ЛО был разработан в отделе "Физиологии мозга и психофизиологии" на основе субтеста №1 теста Амтхауэра [1]. Для регистрации и оценки ЭЭГ использовался комплекс "Нейрон-Спектр-4/ВП" (НейроСофт, Россия) (ЕС-сертификат № RQ043131-V от 08.11.2004г.). Запись производилась монополярно, референтные электроды размещались на мочках обеих ушей, частота квантования равнялась 500 Гц. Использовались мостиковые электроды, которые устанавливались в соответствии с международной системой 10-20 в 16 стандартных отведениях Fp1,

Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2. Расчет показателей ЭЭГ осуществлялся по каждому отведению для частотных диапазонов ЭЭГ:  $\Delta$  (0,5-3,9 Гц),  $\theta$  (4,0-7,9 Гц),  $\alpha_1$  (8-9,4 Гц),  $\alpha_2$  (9,5-10,5 Гц),  $\alpha_3$  (10,6 – 12,9 Гц).

Статистический анализ данных проводился с помощью пакета STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA, 2001). Поскольку распределение практических всех показателей по критерию Шапиро - Уилка отличалось от нормального ( $p < 0,05$ ), для сравнения связанных данных использовался критерий Уилкоксона.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

При сравнительном анализе активности головного мозга мужчин в состоянии покоя с открытыми глазами (3 мин.) и выполнением теста ПСМР было выявлено значимое повышение  $\Delta$ -активности в правой височной доле (T4) и в правых задневисочной и затылочной зонах (T6 и P4) и значимое снижение  $\Delta$ -активности в правой префронтальной зоне (Fp2), что свидетельствует о формировании нейросети по обработке образной информации.

В  $\theta$ -диапазоне значимое увеличение активности также наблюдалось в правых фронтальной, центральной, передневисочной, височной и задневисочной областях (F4, C4, F8, T4 и T6). Активность в  $\Delta$ -диапазоне связывают с процессами внимания и оценки правильности реакции, в то время, как в  $\theta$ -диапазоне – с успешным кодированием информации, оценкой ошибочности ответа и коррекцией реакции на основе обратной связи [3].

В  $\alpha_1$  – диапазоне наблюдалось значимое увеличение активности в правой центральной и левой затылочной зонах (C4 и O1). Основная роль ритма в  $\alpha$ -диапазоне – блокирование восприятия нерелевантной информации, которое осуществляется путем увеличения  $\alpha$ -активности в зонах мозга, которые отвечают за восприятие и обработку информации [4]. Заметим, что не было выявлено значимых изменений в активности ни в  $\alpha_2$ , ни в  $\alpha_3$  диапазонах. По сравнению с тестированием ПСМР при прохождении теста РВ было выявлено значимое увеличение активности в левых фронтальной, передневисочной, центральной и затылочной зонах (F3, F7, C3 и O1) как в  $\Delta$ -, так и в  $\theta$ -диапазонах. Кроме того,  $\Delta$ -активность значимо увеличилась в левой височной зоне (T3). Можно предположить, что необходимость анализировать тип стимула (квадрат или треугольник) и вербализация процесса принятия решения привели к активации зон левого полушария, отвечающие за внутреннюю речь (зона Брока) и семантический анализ информации. В  $\alpha_1$  диапазоне не было выявлено значимых изменений. В  $\alpha_2$ - и  $\alpha_3$ -диапазонах значимо увеличилась активность в левой фронтальной зоне (F3), а в  $\alpha_3$ -диапазоне в левой передневисочной и правой задневисочной зонах (F7 и T6). Такое повышение активности в левой фронтальной области возможно связано с вовлечением оперативной памяти в формирование реакции выбора. В [4] указывается на сцепление фронтальной зоны с правой теменной в течение кодирования именно зрительной информации. Правая теменная зона входит в систему, поддерживающую внимание [5-6], т.е. в результате прохождения теста РВ активируются не только процессы оперативной памяти, но и внимания.

При прохождении теста ЛО выявлено значимое увеличение спектральной мощности в  $\Delta$ -диапазоне по сравнению с тестом РВ в правых префронтальной, фронтальной, передневисочной и центральной зонах (Fp2, F4, F8 и C4), что можно интерпретировать как формирование резонансной сети для коммуникации большого количества нейронов с целью обеспечения интегральных функций (рис.1). Несмотря на то, что задание было вербальным, релевантная нейронная сеть сформировалась в правой фронтальной зоне, что возможно связано с целостным, образным представлением анализируемого предложения. Увеличение активности в  $\theta$ -диапазоне в правых передневисочной, центральной и затылочной зонах (Fp2, F4, F8) можно связать с обработкой образной информации, с повышением уровня внимания, активацией оперативной памяти. Также обнаружено снижение мощности ритма в левой центральной зоне (C3), что, возможно, обусловлено снижением потребности в центральном межполушарном переключении по сравнению с РВ (рис.1). Обнаруженное уменьшение мощности низкочастотной  $\alpha 1$ - и  $\alpha 2$ -активности в левой центральной и правой затылочной зонах (C3, P4 и T6) свидетельствует об усилении внимания обследованных, а десинхронизация высокочастотного  $\alpha 3$ -ритма в правой префронтальной и левой центральной зонах (Fp2 и C3) – о более активном вовлечении оперативной памяти и семантическом анализе информации [7]. Кроме того, активация задней теменной коры свидетельствует о вовлечении ассоциативной памяти (рис.1).

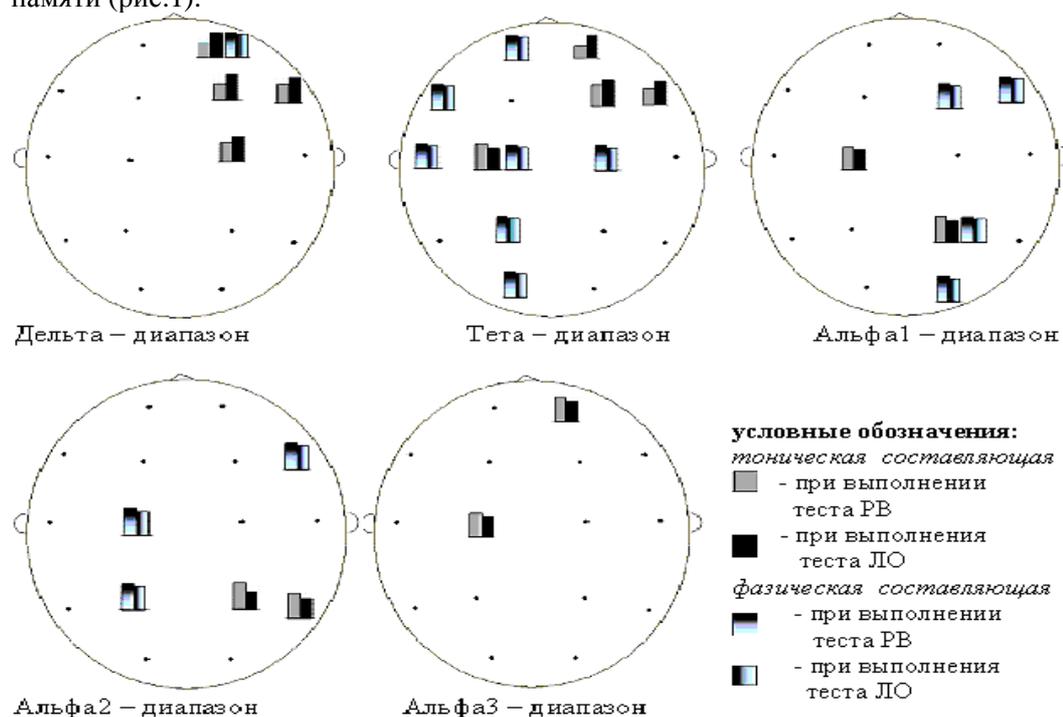


Рис.1 Значимые изменения активности головного мозга мужчин при прохождении теста ЛО по сравнению с тестом РВ (n=14),  $p < 0,05$

## ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования было выявлено, что при тестировании ПСМР по сравнению с фоновой записью с открытыми глазами происходила активация обработки зрительной информации. При тестировании РВ дополнительно активировалась оперативная память, семантический анализ информации и внимание. Тестирование ЛО привело к дополнительной активации головного мозга, связанной с повышением уровня внимания, семантического анализа информации, процессов оперативной и ассоциативной памяти. Было выявлено, что тестирование логического отбора вербальной информации происходит на основе целостного, образного восприятия предложений.

## Список литературы

1. Елисеев О.П. Р. Амтхауэра Тест структуры интеллекта (TSI) : Практикум по психологии личности / О.П. Елисеев – Петербург: «Питер», 2001. - 560 с.
2. Макарчук М.Ю. Пропорція золотого перетину в здійсненні сенсомоторної реакції та реакції вибору як психофізіологічна характеристика здатності до обробки інформації в ЦНС людини / М.Ю.Макарчук, Н.Б. Філімонова // Фізика живого. – 2003. - Т.11– № 2 – С.5-13.
3. Bernat E.M. Separating Cognitive Processes with Principal Components Analysis of EEG Time-Frequency Distributions / E.M.Bernat, L.D.Nelson, S.B.Holroyd, W.J.Gehring, C.J.Patrick // Proc. of SPIE. - 2008. - Vol. 7074. – 70740S.
4. Sauseng P. What does phase information of oscillatory brain activity tell us about cognitive processes? / P.Sauseng, W.Klimesch // Neurosci. Biobehav. R. - 2008. – Vol. 32., №5. – P. 1001 – 1013.
5. Bakhtiari K. S. Subspace-based Identification Algorithm for Characterizing Causal Networks in Resting Brain / K. S.Bakhtiari, G.A.Hosseini-Zadeh // Neuroimage. - 2012. – Vol. 60., № 2. – P.1236-1249.
6. Jann K. Topographic Electrophysiological Signatures of fMRI Resting State Networks / K.Jann, M.Kottlow, T.Dierks, C.Boesch, T.Koenig // PLoS ONE, 2010. - Vol. 5, № 9. – P. e12945.
7. Klimesch W. Upper alpha ERD and absolute power: their meaning for memory performance / W.Klimesch, M.Doppelmayr, S.Hanslmayr // Prog. Brain Res. - 2006. – Vol. 159. - P. 151-165.

**Кисільов Б.А. Активність головного мозку чоловіків при виконанні субтесту логічного відбору тесту структури інтелекту Амтхауера / Б.А Кисільов, Н.Б. Філімонова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 78-81.**

Було виявлено, що тестування логічного відбору вербальної інформації відбувається на основі цілісного, образного сприйняття пропозицій.

**Ключові слова:** вербальний інтелект, ЕЕГ, оперативна пам'ять.

**Kysilov B.A. Activity of man's brain during performance of Sentence Completion sub-tests of Intelligent Structure Test (IST) / B.A. Kysilov, N.B. Filimonova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 78-81.**

The logical selection testing of verbal information took place on basis of complex figurative perception of sentences was observed.

**Keywords:** verbal intelligence, EEG, working memory.

*Поступила в редакцію 22.12.2012 г.*

**УДК 595.44 (477.75)**

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ПАУКАХ (ARACHNIDA: ARANEI)  
ЯЛТИНСКОГО ГОРНО-ЛЕСНОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА (КРЫМ)**

*Ковблюк Н.М.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: kovblyuk@mail.ru*

В Ялтинском заповеднике обнаружены 134 вида пауков, из которых 109 видов указываются впервые. Впервые в Крыму отмечены 2 вида: *Archaeodictyna consecuta* и *Zora manicata*.

**Ключевые слова:** пауки, Aranei, аннотированный список, *Archaeodictyna consecuta*, *Zora manicata*.

**ВВЕДЕНИЕ**

Сведения о видовом составе пауков Ялтинского горно-лесного природного заповедника (далее – ЯГЛПЗ) в литературе практически отсутствуют. Лишь 25 видов были упомянуты в списках материала в таксономических и фаунистических работах [1-18]: *Agelena orientalis* (C.L. Koch, 1837); *Alopecosa beckeri* (Thorell, 1875); *Crosbyarachne bukovskiyi* Charitonov, 1937; *Drassodes lapidosus* (Walckenaer, 1802); *D. pubescens* (Thorell, 1856); *Drassyllus crimeaensis* Kovblyuk, 2003; *D. praeficus* (L.Koch, 1866); *Dysdera dunini* Deeleman-Reinhold, 1988; *D. hungarica* Kulczynski in Chyzer et Kulczynski, 1897; *D. longirostris* Doblaka, 1853; *Gnaphosa lucifuga* (Walckenaer, 1802); *G. moesta* Thorell, 1875; *G. taurica* Thorell, 1875; *Haplodrassus minor* (O. Pickard-Cambridge, 1879); *H. signifer* (C.L.Koch, 1839); *Harpactea doblikai* (Thotell, 1875); *H. rubicunda* (C.L. Koch, 1838); *Lathys stigmatisata* (Menge, 1869); *Malthonica podoprygorai* Kovblyuk, 2007; *Pisaura novicia* (L. Koch, 1878); *Tegenaria lapicidinarum* Spassky, 1934; *Trachyzelotes malkini* Platnick, Murphy, 1984; *Xysticus spasskyi* Utotschkin, 1968; *Zelotes kukushkini* Kovblyuk, 2006; *Zelotes olympi* (Kulczyn'ski, 1903); *Z. orenburgensis* Tuneva, Eshyulin, 2003; *Zodarion morosum* Denis, 1935. Реальное число видов пауков в ЯГЛПЗ несравненно больше. Информация про 134 вида, выявленных в ЯГЛПЗ по результатам обработки арахнологической коллекции кафедры зоологии ТНУ, была передана автором в Летопись природы в 2008 году, однако никогда не публиковалась.

Задача данной работы – свести воедино все опубликованные и неопубликованные данные о пауках ЯГЛПЗ и тем самым дать «отправную точку» для дальнейших исследований.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Ниже приводится аннотированный список видов пауков ЯГЛПЗ. Семейства расположены в алфавитном порядке, поскольку их систематический порядок

спорный и не устоявшийся. Рода внутри семейств и виды внутри родов также даны в алфавитном порядке. Для большинства экземпляров приведены их инвентарные номера в коллекции.

Места хранения материала: EMZ – личная коллекция Е.М. Жуковца, Минск, Беларусь; TNU – аранеологическая коллекция кафедры зоологии Таврического национального университета, Симферополь (куратор Н.М. Ковблюк).

Условные обозначения и сокращения: л.Б. – почвенные ловушки Барбера; н.п. – населённый пункт; оз. – озеро; окр. – окрестности; пер. – перевал; р. – река; сан. – санаторий; скл. – склон; хр. – хребет; ЯГЛПЗ – Ялтинский горно-лесной природный заповедник.

### АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК ПАУКОВ, ОБНАРУЖЕННЫХ В ЯГЛПЗ

#### Семейство AGELENIDAE C.L. KOCH, 1837

##### Род *Agelena* Walckenaer, 1805

#### 1. *Agelena orientalis* C.L.Koch, 1837: [16].

##### Род *Maimuna* Lehtinen, 1967

2. *Maimuna vestita* (C.L.Koch, 1841): 1 ♀ (TNU-2487/1), Ялта, над Нефтебазой, 10.04.2001, А.А. Хаустов.

##### Род *Malthonica* Simon, 1898

#### 3. *Malthonica podoprygorai* Kovblyuk, 2007: [12].

##### Род *Tegenaria* Latreille, 1804

4. *Tegenaria agrestis* (Walckenaer, 1802): 1 ♂, 3 ♀♀ (TNU-774/2), окр. с. Васильевка, шибляк, 9-10.09.1999, Н.М. Ковблюк; 4 ♀♀ (TNU-2460/1), С. скл. г. Могаби, 15.10.2001, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2440/5), окр. Ялты, под камнями, 27.10.2002, А.А. Хаустов.

#### 5. *Tegenaria lapicidinarum* Spassky, 1934: [3].

#### Семейство AMAUROBIIDAE THORELL, 1870

##### Род *Amaurobius* C.L.Koch, 1837

6. *Amaurobius erberi* (Keyserling, 1863): 17 ♂♂ (TNU-1369/1, 1370/3, 1371/4, 1372/4, 1375/4, 1396/3, 1398/3, 1409/4, 1428/2), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 25.03.2000-27.11.2001, Н.М. Ковблюк; 9 ♂♂, 4 ♀♀ (TNU-1288/1, 1326/3, 1328/3, 1329/1, 1330/1, 1335/2, 1349/1, 1355/2, 1433/2), выше Никиты, залежь, л.Б., 22.01.2000-3.02.2002, Н.М. Ковблюк; 3 ♂♂ (TNU-2505/3), Ай-Петри, пер. Шайтан-Мердвен, под обрывами, лес из дуба пушистого, граба, грабинника, клёна, липы, бересклета, можжевельника колючего, скумпии, с травостоем из иглицы, коротконожки, осок, плюща, в подстилке, 12.10.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2509/3), Ай-Петри близ пер. Шайтан-Мердвен, 12.10.2001, Н.М. Ковблюк; 2 ♀♀ (TNU-2460/7), С. скл. г. Могаби, 15.10.2001, А.А. Хаустов; 2 ♂♂, 2 ♀♀ (TNU-2484/1), окр. Никиты, выше сан. «Сосняк», сосновый лес, под камнями, 20.01.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2446/1), выше Никиты, поляна, 10-23.02.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2462/1), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 23.03.-3.04.2002, А.А. Хаустов; 2 ♂♂ (TNU-2470/1), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 13-28.04.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2473/2), выше Никиты, залежь, л.Б., 13-28.04.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2477/2), выше Никиты, сосняк,

28.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов; 2 ♂♂, 1 ♀ (TNU-2465/1), окр. с. Парковое, сосна, можжевельники высокий и колючий, ситом, 9.03.2007, Н.М. Ковблюк.

**7. *Amaurobius strandi* Charitonov, 1937:** 61 ♂♂, 6 ♀♀ (TNU-1362/2, 1363/2, 1369/2, 1370/4, 1371/5, 1372/5, 1373/5, 1374/4, 1375/5, 1376/5, 1379/10, 1390/2, 1391/4, 1392/3, 1393/3, 1394/3, 1395/3, 1397/2, 1398/2, 1399/3, 1401/2, 1403/2, 1407/2, 1409/3, 1410/2, 1413/6, 1416/4, 1426/3, 1427/3, 1432/1), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 5.02.2000-3.02.2002, Н.М. Ковблюк; 2 ♂♂, 1 ♀ (TNU-2505/4), Ай-Петри, пер. Шайтан-Мердвен, под обрывами, лес из дуба пушистого, граба, грабинника, клёна, липы, бересклета, можжевельника колючего, скумпии, с травостоем из иглицы, коротконожки, осок, плюща, в подстилке, 12.10.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2504/1), Ай-Петри, окр. н.п. Мелас (=Санаторное), г. Кильсе-Бурун, под обрывами, сосна крымская, можжевельник колючий, дуб пушистый, грабинник, ломонос, скумпия, плющ, злаки, 14.10.2001, Н.М. Ковблюк; 2 ♂♂ (TNU-1354/3, 1357/1), выше Никиты, залежь, л.Б., 17.11.-29.12.2001, Н.М. Ковблюк; 2 ♂♂ (TNU-2446/2), выше Никиты, поляна, 10-23.02.2002, А.А. Хаустов; 4 ♂♂ (TNU-2461/1, 2477/1), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 23.02.-12.05.2002, А.А. Хаустов; 29 ♂♂, 1 ♀ (TNU-2466/1, 2469/1, 2472/1, 2474/1), выше Ай-Даниля, грабовый лес, л.Б., 10.03.-26.05.2002, А.А. Хаустов.

Семейство **ANYPHAENIDAE BERTKAU, 1878**

Род ***Anyphaena* Sundevall, 1833**

**8. *Anyphaena accentuata* (Walckenaer, 1802):** 1 ♂ (TNU-2472/7), выше Ай-Даниля, грабовый лес, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов.

Семейство **ARANEIDAE LEACH, 1819**

Род ***Agalenatea* Archer, 1951**

**9. *Agalenatea redii* (Scopoli, 1763):** 1 ♀ (EMZ), окр. с. Васильевка, 19.08.1995, Н.М. Ковблюк.

Род ***Araneus* Clerck, 1758**

**10. *Araneus diadematus* Clerck, 1758:** 2 ♀♀ (TNU-775/1), окр. с. Партизанское, кошение, 6.09.1999, Н.М. Ковблюк; 2 ♂♂, 1 ♀ (TNU-774/5), окр. с. Васильевка, шиблик, 9-10.09.1999, Н.М. Ковблюк.

**11. *Araneus triguttatus* Fabricius, 1775:** 1 ♀ (TNU-2442/2), Ялтинская яйла, 31.07.2004, Е.Ю. Свириденко.

Род ***Araniella* Chamberlin et Ivie, 1942**

**12. *Araniella cucurbitina* (Clerck, 1758):** 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2435/2), окр. Ялты выше ул. Мисхорская, 25.05.2003, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2442/3), Ялтинская яйла, 31.07.2004, Е.Ю. Свириденко.

Род ***Argiope* Savigny et Audouin, 1826**

**13. *Argiope bruennichi* (Scopoli, 1772):** 1 ♀ (TNU-750/1), выше Никиты, залежь, 18.09.1999, Н.М. Ковблюк.

Род ***Cyclosa* Menge, 1866**

**14. *Cyclosa sierrae* Simon, 1870:** 1 ♀ (TNU-2497/2), выше Никиты, 14.07.2001, Н.М. Ковблюк.

Род ***Hipsosinga* Ausserer, 1871**

**15. *Hipsosinga pygmaea* (Sundevall, 1831):** 1 ♂ (TNU-2442/4), Ялтинская яйла, 31.07.2004, Е.Ю. Свириденко.

Род *Zilla* C.L.Koch, 1834

16. *Zilla diodia* (Walckenaer, 1802): 1 ♀ (TNU-1337/9), выше Никиты, залежь, л.Б., 29.04.-19.05.2001, Н.М. Ковблюк.

Семейство CHEIRACANTHIDAE WAGNER, 1887

Род *Cheiracanthium* C.L.Koch, 1839

17. *Cheiracanthium mildei* L.Koch, 1864: 1 ♀ (TNU-1339/12), выше Никиты, залежь, л.Б., 4-16.06.2001, Н.М. Ковблюк.

Семейство CORINNIDAE KARSCH, 1880

Род *Phrurolithus* C.L.Koch, 1839

18. *Phrurolithus pullatus* Kulczynski in Chyzer et Kulczynski, 1897: 1 ♂ (TNU-1313/4), выше Никиты, залежь, л.Б., 16-23.07.2000, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2482/10), выше Никиты, поляна, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов.

Семейство DICTYNIDAE O. PICKARD-CAMBRIDGE, 1871

Род *Archaeodictyna* Caporiacco, 1928

19. *Archaeodictyna consecuta* (O. P.-Cambridge, 1872): 1 ♂ (TNU-2482/11), выше Никиты, поляна, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов.

Замечание. Вид впервые отмечается в фауне Крыма.

Род *Lathys* Simon, 1884

20. *Lathys stigmatisata* (Menge, 1869): [14].

Семейство DYSDERIDAE C.L.KOCH, 1837

Род *Dysdera* Latreille, 1804

21. *Dysdera dunini* Deeleman-Reinhold, 1988: [7].

22. *Dysdera hungarica* Kulczynski in Chyzer et Kulczynski, 1897: [7].

23. *Dysdera longirostris* Doblaka, 1853: [7].

Род *Harpactea* Bristowe, 1939

24. *Harpactea azowensis* Charitonov, 1956: 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2482/1), выше Никиты, поляна, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов.

25. *Harpactea doblikai* (Thorell, 1875): [1, 7].

26. *Harpactea rubicunda* (C.L.Koch, 1838): [1].

Семейство GNAPHOSIDAE BANKS, 1892

Род *Drassodes* Westring, 1851

27. *Drassodes lapidosus* (Walckenaer, 1802): [6].

28. *Drassodes pubescens* (Thorell, 1856): [6].

Род *Drassyllus* Chamberlin, 1922

29. *Drassyllus crimeaensis* Kovblyuk, 2003: [8].

30. *Drassyllus praeficus* (L.Koch, 1866): [8].

31. *Drassyllus pumilus* (C.L.Koch, 1839): 1 ♀ (TNU-2501/2), над Ялтой, хр. Ставрея-богаз, среднее течение р. Яузлар, 13.06.2001, Н.Н. Юнаков.

Род *Gnaphosa* Latreille, 1804

32. *Gnaphosa lucifuga* (Walckenaer, 1802): [11].

33. *Gnaphosa moesta* Thorell, 1875: [11].

34. *Gnaphosa taurica* Thorell, 1875: [11].

Род *Haplodrassus* Chamberlin, 1922

35. *Haplodrassus minor* (O. Pickard-Cambridge, 1879): [17].

**36. *Haplodrassus signifer* (C.L.Koch, 1839): [17].**

Род *Nomisia* Dalmas, 1921

**37. *Nomisia aussereri* (L.Koch, 1872):** 1 ♂ (TNU-750/8), выше Никиты, залежи, 18.09.1999, Н.М. Ковблюк; 4 ♂♂, 4 ♀♀ (TNU-1317/2, 1318/2, 1319/1, 1348/1), выше Никиты, залежь, л.Б., 19.08.2000-24.09.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2491/3), выше Никиты, залежь, под камнями, 2.09.2001, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2460/3), С. скл. г. Могаби, 15.10.2001, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2445/2), выше Никиты, в пустой раковине *Helix albescens*, 30.09.2002, С.В. Леонов; 1 ♀ (TNU-2440/4), окр. Ялты, под камнями, 27.10.2002, А.А. Хаустов.

**38. *Nomisia exornata* (C.L.Koch, 1839):** 2 ♂♂, 1 ♀ (TNU-1304/6, 1340/6, 1341/3), выше Никиты, залежь, л.Б., 13.05.2000-8.07.2001, Н.М. Ковблюк; 18 ♂♂, 3 ♀♀ (TNU-2492/8), 1,5 км к С. от с. Васильевка, залежь, под камнями, 27.05.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2490/6), выше Никиты, поляна, 13-26.05.2002, А.А. Хаустов.

Род *Phaeoedus* Simon, 1893

**39. *Phaeoedus braccatus* (C.L.Koch, 1866):** 1 ♀ (TNU-1341/5), выше Никиты, залежь, л.Б., 29.06.-8.07.2001, Н.М. Ковблюк.

Род *Trachyzelotes* Lohmander, 1944

**40. *Trachyzelotes malkini* Platnick, Murphy, 1984: [10].**

Род *Zelotes* Gistel, 1848

**41. *Zelotes gracilis* (Canestrini, 1868):** 1 ♂ (TNU-1306/5), выше Никиты, залежь, л.Б., 27.05.-3.06.2000, Н.М. Ковблюк.

**42. *Zelotes kukushkini* Kovblyuk, 2006: [5].**

**43. *Zelotes latreillei* (Simon, 1878):** 1 ♀ (TNU-769/6), яйла Ай-Петри, 17-й км трассы Ялта-Бахчисарай, 8.09.1999, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2493/5), Ялтинская яйла между Иограф-богазом и г. Ольмесхыр (1213 м н.у.м.), редколесье из *Pinus kochiana*, под камнями, 9.09.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2479/5), Верхнее Никитское оз., у воды, л.Б., 28.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов.

**44. *Zelotes olympi* (Kulczynski, 1903): [4].**

**45. *Zelotes orenburgensis* Tuneva, Esyunin, 2003: [4].**

**46. *Zelotes petrensis* (C.L.Koch, 1839):** 3 ♀♀ (TNU-769/5), яйла Ай-Петри, 17-й км трассы Ялта-Бахчисарай, 8.09.1999, Н.М. Ковблюк.

Семейство **HAHNIDAE BERTKAU, 1878**

Род *Hahnia* C.L.Koch, 1841

**47. *Hahnia nava* (Blackwall, 1841):** 1 ♀ (TNU-2503/4), яйла Ай-Петри к В. от пер. Шайтан-Мердвен, лес из дуба, ясеня, грабинника, бирючины, свидины, с травостоем из воробейника, молочая, крокусов, коротконожки, земляники, в подстилке, 13.10.2001, Н.М. Ковблюк; 2 ♂♂ (TNU-2474/6, 2469/3), выше Ай-Даниля, грабовый лес, л.Б., 10.03.-7.04.2002, А.А. Хаустов.

Семейство **LINYPHIDAE BLACKWALL, 1859**

Род *Centromerus* F. Dahl, 1886

**48. *Centromerus sylvaticus* (Blackwall, 1841):** 1 ♂, 1 ♀ (TNU-1358/4, 1406/2), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 8.01.2000-10.03.2001, Н.М. Ковблюк.

Род *Ceratinella* Emerton, 1882

49. *Ceratinella brevis* (Wider, 1834): 2 ♂♂, 5 ♀♀ (TNU-2502/5), Ю. скл. Ай-Петри, верхнее течение р. Учан-Су, в подстилке, 31.05.2001, Н.Н. Юнаков.

Род *Crosbyarachne* Charitonov, 1937

50. *Crosbyarachne bukovskiyi* Charitonov, 1937: [13].

Род *Diplostyla* Emerton, 1882

51. *Diplostyla concolor* (Wider, 1834): 1 ♀ (TNU-2420/2), холм Дарсан, 8.07.2001, А.А. Хаустов.

Род *Drapetisca* Menge, 1866

52. *Drapetisca socialis* (Sundevall, 1832): 1 ♀ (TNU-779/2), яйла Ай-Петри, 17-й км трассы Ялта-Бахчисарай, кошение, 7.09.1999, Н.М. Ковблюк.

Род *Hypsocephalus* Millidge, 1978

53. *Hypsocephalus pusillus* (Menge, 1869): 2 ♂♂ (TNU-2468/2), выше Никиты, поляна, л.Б., 23.02.-3.03.2002, А.А. Хаустов.

Род *Lepthyphantes* Menge, 1866

54. *Lepthyphantes leprosus* (Ohlert, 1867): 1 ♀ (TNU-2491/4), выше Никиты, залежь, под камнями, 2.09.2001, А.А. Хаустов.

Род *Linyphia* Latreille, 1804

55. *Linyphia hortensis* Sundevall, 1830: 1 ♀ (TNU-2443/5), яйла Ай-Петри, 11-12.06.2005, Е.Ю. Свириденко.

56. *Linyphia triangularis* (Clerck, 1758): 1 ♂, 2 ♀♀ (EMZ), 11.08.1995, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (EMZ), окр. с. Васильевка, 14.08.1995, Н.М. Ковблюк; 17 ♀♀ (TNU-775/2), окр. с. Партизанское, кошение, 6.09.1999, Н.М. Ковблюк; 3 ♂♂, 2 ♀♀ (TNU-779/1), яйла Ай-Петри, 17-й км трассы Ялта-Бахчисарай, кошение, 7.09.1999, Н.М. Ковблюк; 2 ♀♀ (TNU-774/9), окр. с. Васильевка, шибляк, 9-10.09.1999, Н.М. Ковблюк.

Род *Microlinyphia* Gerhardt, 1928

57. *Microlinyphia impigra* (O. P.-Cambridge, 1871): 4 ♀♀ (TNU-775/3), окр. с. Партизанское, кошение, 6.09.1999, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-774/13), окр. с. Васильевка, шибляк, 9-10.09.1999, Н.М. Ковблюк.

Род *Microneta* Menge, 1869

58. *Microneta viaria* (Blackwall, 1841): 1 ♀ (TNU-2502/6), Ю. скл. Ай-Петри, верхнее течение р. Учан-Су, в подстилке, 31.05.2001, Н.Н. Юнаков; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2508/2), Ай-Петри к В. от пер. Шайтан-Мердвен, сосна крымская, дуб пушистый, кизил, граб, клён, молочай, в подстилке, 13.10.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2474/5), выше Ай-Даниля, грабовый лес, л.Б., 10-23.03.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2467/7), выше Никиты, Верхнее Никитское оз., 1,5 м от воды, л.Б., 13-28.04.2002, А.А. Хаустов.

Род *Panamomops* Simon, 1884

59. *Panamomops fedotovi* (Charitonov, 1937): 1 ♂ (TNU-2498/1), яйла Ай-Петри, буковый лес, в подстилке, 9.09.2001, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2469/2), выше Ай-Даниля, грабовый лес, л.Б., 23.03.-7.04.2002, А.А. Хаустов.

Род *Piniphantes* Saaristo et Tanasevitch, 1997

60. *Piniphantes pinicola* (Simon, 1884): 6 ♀♀ (TNU-1361/5, 1365/4, 1368/1, 1396/5, 1410/4, 1413/12), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 29.01.2000-16.06.2001, Н.М. Ковблюк; 3 ♀♀ (TNU-2505/7), Ай-Петри, пер. Шайтан-Мердвен, под

обрывами, лес из дуба пушистого, граба, грабинника, клёна, липы, бересклета, можжевельника колючего, скумпии, с травостоем из иглицы, коротконожки, осок, плюща, в подстилке, 12.10.2001, Н.М. Ковблюк; 2 ♂♂ (TNU-2508/3), Ай-Петри к В. от пер. Шайтан-Мердвен, сосна крымская, дуб пушистый, кизил, граб, клён, молочай, в подстилке, 13.10.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-1433/6), выше Никиты, залежь, л.Б., 29.12.2001-3.02.2002, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 3 ♀♀ (TNU-2484/4), окр. Никиты, выше сан. «Сосняк», сосновый лес, под камнями, 20.01.2002, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2461/5), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 23.02.-3.03.2002, А.А. Хаустов; 2 ♀♀ (TNU-2476/6), выше Никиты, поляна, л.Б., 28.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2438/1), г. Могаби, буковый лес, под камнями, 15.09.2002, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2465/6), окр. с. Парковое, сосна, можжевельники высокий и колючий, ситом, 9.03.2007, Н.М. Ковблюк.

Род *Sintula* Simon, 1884

**61. *Sintula retroversus* (O.Pickard-Cambridge, 1875):** 1 ♂ (TNU-1428/3), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 17-27.11.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2444/3), Уч-Кош, полянка, 25.12.2001, Н.М. Ковблюк; 6 ♀♀ (TNU-1287/1, 1289/3, 1296/3, 1433/5), выше Никиты, залежь, л.Б., 16.01.2000-3.02.2002, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2484/3), окр. Никиты, выше сан. «Сосняк», сосновый лес, под камнями, 20.01.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2446/5), выше Никиты, поляна, 10-23.02.2002, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2461/1), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 23.02.-3.03.2002, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2463/1), выше Никиты, Верхнее Никитское оз., 1,5 м. от воды, л.Б., 10-23.03.2002, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2480/5), выше Никиты, сосняк, л.Б., 10-23.03.2002, А.А. Хаустов.

Род *Tapinopa* Westring, 1851

**62. *Tapinopa longidens* (Wider, 1834):** 1 ♀ (TNU-1358/3), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 8-16.01.2000, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2508/1), Ай-Петри к В. от пер. Шайтан-Мердвен, сосна крымская, дуб пушистый, кизил, граб, клён, молочай, в подстилке, 13.10.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2504/4), Ай-Петри, окр. н.п. Мелас (=Санаторное), г. Кильсе-Бурун, под обрывами, сосна крымская, можжевельник колючий, дуб пушистый, грабинник, ломонос, скумпия, плющ, злаки, 14.10.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2446/6), выше Никиты, поляна, 10-23.02.2002, А.А. Хаустов.

Род *Tenuiphantes* Saaristo & Tanasevitch, 1996

**63. *Tenuiphantes mendei* (Kulczynski, 1887):** 1 ♀ (TNU-780/7), яйла Ай-Петри, 17-й км трассы Ялта-Бахчисарай, под камнями и в трухлявых деревьях, 7-8.09.1999, Н.М. Ковблюк; 7 ♀♀ (TNU-1361/6, 1366/2, 1368/2, 1382/11, 1396/6, 1413/13), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 29.01.2000-16.06.2001, Н.М. Ковблюк; 2 ♂♂ (TNU-2505/8), Ай-Петри, пер. Шайтан-Мердвен, под обрывами, лес из дуба пушистого, граба, грабинника, клёна, липы, бересклета, можжевельника колючего, скумпии, с травостоем из иглицы, коротконожки, осок, плюща, в подстилке, 12.10.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2508/4), Ай-Петри к В. от пер. Шайтан-Мердвен, сосна крымская, дуб пушистый, кизил, граб, клён, молочай, в подстилке, 13.10.2001, Н.М. Ковблюк; 3 ♂♂, 4 ♀♀ (TNU-2504/5), Ай-Петри, окр. н.п. Мелас (=Санаторное), г. Кильсе-Бурун, под обрывами, сосна крымская, можжевельник колючий, дуб пушистый, грабинник, ломонос, скумпия, плющ, злаки, 14.10.2001, Н.М. Ковблюк; 2

♀♀ (TNU-2470/6), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 13-28.04.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2471/14), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов.

**64. *Tenuiphantes tenuis* (Blackwall, 1852):** 1 ♂ (TNU-780/7), яйла Ай-Петри, 17-й км трассы Ялта-Бахчисарай, под камнями и в трухлявых деревьях, 7-8.09.1999, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-1368/3), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 18-25.03.2000, Н.М. Ковблюк; 4 ♀♀ (TNU-1299/4, 1333/4, 1351/4, 1354/4), выше Никиты, залежь, л.Б., 8.04.2000-27.11.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2504/6), Ай-Петри, окр. н.п. Мелас (=Санаторное), г. Кильсе-Бурун, под обрывами, сосна крымская, можжевельник колючий, дуб пушистый, грабинник, ломонос, скумпия, плющ, злаки, 14.10.2001, Н.М. Ковблюк;

Род *Theonina* Simon, 1929

**65. *Theonina kratochvili* Miller & Weiss, 1979:** 1 ♂ (TNU-2462/6), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 23.03.-3.04.2002, А.А. Хаустов.

Род *Trichoncus* Simon, 1884

**66. *Trichoncus auritus* (L. Koch, 1869):** 1 ♂ (TNU-1296/4), выше Никиты, залежь, л.Б., 18-25.03.2000, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2470/5), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 13-28.04.2002, А.А. Хаустов.

Род *Walckenaeria* Blackwall, 1833

**67. *Walckenaeria monoceros* (Wider, 1834):** 1 ♂, 1 ♀ (TNU-1365/3), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 26.02.-4.03.2000, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-1330/3), выше Никиты, залежь, л.Б., 24.02.-16.03.2001, Н.М. Ковблюк.

**68. *Walckenaeria nudipalpis* (Westring, 1851):** 9 ♂♂ (TNU-1360/1, 1361/4, 1362/4, 1365/2, 1403/6, 1432/4), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 22.01.2000-3.02.2002, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2446/7), выше Никиты, поляна, 10-23.02.2002, А.А. Хаустов.

Семейство LIOCRANIDAE SIMON, 1897

Род *Agroeca* Westring, 1861

**69. *Agroeca cuprea* Menge, 1873:** 1 ♀ (TNU-1333/3), выше Никиты, залежь, л.Б., 16-24.03.2001, Н.М. Ковблюк.

Род *Scotina* Menge, 1873

**70. *Scotina celans* (Blackwall, 1841):** 30 ♂♂, 6 ♀♀ (TNU-1358/2, 1361/3, 1363/3, 1365/1, 1371/7, 1378/12, 1379/11, 1380/8, 1392/5, 1394/4, 1397/3, 1401/3, 1402/2, 1403/3, 1426/4, 1432/3), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 8.01.2000-3.02.2002, Н.М. Ковблюк; 2 ♂♂, 1 ♀ (TNU-1329/2, 1334/4), выше Никиты, залежь, л.Б., 31.12.2000-7.04.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2505/6), Ай-Петри, пер. Шайтан-Мердвен, под обрывами, лес из дуба пушистого, граба, грабинника, клёна, липы, бересклета, можжевельника колючего, скумпии, с травостоем из иглицы, коротконожки, осок, плюща, в подстилке, 12.10.2001, Н.М. Ковблюк; 13 ♂♂, 11 ♀♀ (TNU-2504/3), Ай-Петри, окр. н.п. Мелас (=Санаторное), г. Кильсе-Бурун, под обрывами, сосна крымская, можжевельник колючий, дуб пушистый, грабинник, ломонос, скумпия, плющ, злаки, 14.10.2001, Н.М. Ковблюк; 3 ♂♂, 8 ♀♀ (TNU-2461/4, 2462/3, 2470/3, 2480/4), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 23.02.-28.04.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2474/3), выше Ай-Даниля, грабовый лес, л.Б., 10-23.03.2002, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2483/11), выше Никиты, л.Б., июнь 2002, А.А. Хаустов.

Семейство **LYCOSIDAE SUNDEVALL, 1833**

Род ***Alopecosa* Simon, 1885**

**71. *Alopecosa beckeri* (Thorell, 1875):** [15].

**72. *Alopecosa cursor* (Hahn, 1831):** 1 ♂ (TNU-2443/2), яйла Ай-Петри, 11-12.06.2005, Е.Ю. Свириденко.

**73. *Alopecosa pulverulenta* (Clerck, 1758):** 2 ♂♂ (TNU-1375/7), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 7.05.-27.05.2000, Н.М. Ковблюк; 18 ♂♂, 5 ♀♀ (TNU-2467/4, 2479/8), выше Никиты, Верхнее Никитское оз., 1,5 м. от воды, л.Б., 13.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов; 2 ♂♂ (TNU-2471/8), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2443/3), яйла Ай-Петри, 11-12.06.2005, Е.Ю. Свириденко.

**74. *Alopecosa sulzeri* (Pavesi, 1873):** 25 ♂♂, 4 ♀♀ (TNU-1377/8, 1378/7, 1379/7, 1380/14, 1388/4, 1413/7, 1414/8, 1415/2, 1416/6, 1417/4), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 20.05.2000-31.07.2001, Н.М. Ковблюк; 2 ♂♂ (TNU-1338/7, 1339/7), выше Никиты, залежь, л.Б., 19.05.-16.06.2001, Н.М. Ковблюк.

Род ***Arctosa* C.L.Koch, 1847**

**75. *Arctosa leopardus* (Sundevall, 1832):** 1 ♂ (TNU-2479/9), Верхнее Никитское оз., у воды, л.Б., 28.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2471/11), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов.

Род ***Aulonia* C.L.Koch, 1847**

**76. *Aulonia albimana* (Walckenaer, 1805):** 1 ♀ (TNU-769/9), яйла Ай-Петри, 17-й км трассы Ялта-Бахчисарай, 8.09.1999, Н.М. Ковблюк; 125 ♂♂, 39 ♀♀ (TNU-1375/6, 1376/6, 1377/6, 1378/6, 1379/6, 1380/6, 1381/5, 1382/5, 1383/4, 1384/4, 1385/5, 1386/6, 1387/5, 1388/3, 1389/4, 1390/3, 1391/5, 1393/4, 1413/9, 1414/9, 1415/1, 1416/5, 1417/2), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 7.05.2000-31.07.2001, Н.М. Ковблюк; 4 ♂♂, 2 ♀♀ (TNU-1302/2, 1304/9, 1305/8, 1308/3, 1338/5, 1339/6), выше Никиты, залежь, л.Б., 30.04.2000-16.06.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2471/7), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2483/9), выше Никиты, л.Б., июнь 2002, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2442/5), Ялтинская яйла, 31.07.2004, Е.Ю. Свириденко; 1 ♀ (TNU-2022/3), яйла Ай-Петри, 1100-1200 м н.у.м., 28-29.08.2004, О.В. Кукушкин.

Род ***Hogna* Simon, 1885**

**77. *Hogna radiata* (Latreille, 1817):** 1 ♀ (EMZ), окр. с. Васильевка, 13.08.1995, Н.М. Ковблюк; 6 ♀♀ (TNU-1383/5, 1384/5, 1385/4, 1386/5, 1387/4, 1417/3), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 2.07.2000-31.07.2001, Н.М. Ковблюк; 26 ♂♂, 15 ♀♀ (TNU-1322/2, 1342/6, 1343/7, 1344/7, 1345/5, 1346/2), выше Никиты, залежь, л.Б., 12.10.2000-4.09.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2421/1), Ялта, 1.08.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2433/1), выше с. Васильевка, 13.09.2003, Н.М. Ковблюк.

Род ***Pardosa* C.L.Koch, 1847**

**78. *Pardosa buchari* Ovtsharenko, 1979:** 5 ♀♀ (TNU-2493/11), Ялтинская яйла между Иограф-богазом и г. Ольмесхыр (1213 м н.у.м.), редколесье из *Pinus kochiana*, под камнями, 9.09.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 7 ♀♀ с коконами (TNU-2495/2), Ялтинская яйла, окр. г. Лапата (1406 м н.у.м.), редколесье из сосны Коха, можжевельника казацкого, с чабрецом и типчаком, под камнями, 15.07.2007, Н.М. Ковблюк.

**79. *Pardosa prativaga* (L.Koch, 1870):** 6 ♂♂, 1 ♀ (TNU-2479/10), Верхнее Никитское оз., у воды, л.Б., 28.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов; 10 ♂♂ (TNU-2471/10), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов.

**80. *Pardosa proxima* (C.L. Koch, 1847):** 2 ♂♂, 5 ♀♀ (TNU-2487/3), Ялта, над Нефтебазой, 10.04.2001, А.А. Хаустов; 30 ♂♂, 6 ♀♀ (TNU-2467/5, 2479/11), выше Никиты, Верхнее Никитское оз., 1,5 м. от воды, л.Б., 13.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов; 4 ♂♂, 3 ♀♀ (TNU-2471/9), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов.

**81. *Pardosa tatarica* (Thorell, 1875):** 1 ♂, 1 ♀ (EMZ), выше Поляны Сказок, на гальке у реки, 3.03.1998, А.А. Хаустов.

Род *Trochosa* C.L.Koch, 1847

**82. *Trochosa robusta* (Simon, 1876):** 4 ♂♂ (TNU-2460/8), С. скл. г. Могаби, 15.10.2001, А.А. Хаустов.

**83. *Trochosa ruricola* (De Geer, 1778):** 1 ♀ (TNU-2440/8), окр. Ялты, под камнями, 27.10.2002, А.А. Хаустов.

Семейство MIMETIDAE SIMON, 1881

Род *Ero* C.L. Koch, 1837

**84. *Ero tuberculata* (De Geer, 1778):** 1 ♀ (TNU-1403/5), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 31.12.2000-29.01.2001, Н.М. Ковблюк.

Род *Mimetus* Hentz, 1832

**85. *Mimetus laevigatus* (Keyserling, 1863):** 1 ♀ (TNU-2434/1), выше с. Васильевка, 15.06.2003, Н.М. Ковблюк.

Семейство OXYOPIDAE THORELL, 1870

Род *Oxyopes* Latreille, 1804

**86. *Oxyopes lineatus* Latreille, 1806:** 1 ♀ (TNU-774/10), окр. с. Васильевка, шиблик, 9-10.09.1999, Н.М. Ковблюк.

Семейство PHILODROMIDAE THORELL, 1870

Род *Philodromus* Walckenaer, 1826

**87. *Philodromus aureolus* (Clerck, 1758):** 1 ♂ (TNU-1415/5), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 29.06.-8.07.2001, Н.М. Ковблюк.

**88. *Philodromus praedatus* O.Pickard-Cambridge, 1871:** 1 ♀ (EMZ), окр. с. Васильевка, 15.08.1995, Н.М. Ковблюк.

**89. *Philodromus rufus* Walckenaer, 1826:** 2 ♀♀ (TNU-1306/9), выше Никиты, залежь, л.Б., 27.05.-3.06.2000, Н.М. Ковблюк; 2 ♀♀ (TNU-2435/1), окр. Ялты выше ул. Мисхорская, 25.05.2003, Н.М. Ковблюк.

Род *Thanatus* C.L.Koch, 1837

**90. *Thanatus imbecillus* L. Koch, 1878:** 1 ♂ (TNU-1303/6), выше Никиты, залежь, л.Б., 7-13.05.2000, Н.М. Ковблюк.

Семейство PISAURIDAE SIMON, 1890

Род *Pisaura* Simon, 1885

**91. *Pisaura novicia* (L. Koch, 1878):** [18].

Семейство **SALTICIDAE BLACKWALL, 1841**

Род ***Aelurillus* Simon, 1884**

**92. *Aelurillus v-insignitus* (Clerck, 1758):** 1 ♂ (TNU-1350/4), выше Никиты, залежь, л.Б., 4-16.10.2001, Н.М. Ковблюк.

Род ***Euophrys* C.L.Koch, 1834**

**93. *Euophrys frontalis* (Walckenaer, 1802):** 4 ♂♂, 2 ♀♀ (TNU-1377/14, 1378/14, 1384/9, 1386/8, 1418/5), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 20.05.2000-11.08.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2501/3), над Ялтой, хр. Ставрея-богаз, среднее течение р. Яузлар, 13.06.2001, Н.Н. Юнаков; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2477/8), выше Никиты, сосняк, 28.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов.

Род ***Evarcha* Simon, 1902**

**94. *Evarcha arcuata* (Clerck, 1758):** 1 ♂ (EMZ), окр. с. Васильевка, 15.08.1995, Н.М. Ковблюк; 3 ♂♂ (TNU-771/4, 775/4), окр. с. Партизанское, 6-7.09.1999, Н.М. Ковблюк.

Род ***Heliophanus* C.L.Koch, 1833**

**95. *Heliophanus cupreus* (Walckenaer, 1802):** 2 ♂♂ (TNU-2442/6), Ялтинская яйла, 31.07.2004, Е.Ю. Свириденко.

**96. *Heliophanus flavipes* (Hahn, 1832):** 1 ♀ (TNU-769/10), яйла Ай-Петри, 17-й км трассы Ялта-Бахчисарай, 8.09.1999, Н.М. Ковблюк.

**97. *Heliophanus kochi* Simon, 1868:** 4 ♂♂, 1 ♀ (TNU-750/11, 1340/8, 1341/7), выше Никиты, залежь, 18.09.1999-8.07.2001, Н.М. Ковблюк.

Род ***Leptorchestes* Thorell, 1870**

**98. *Leptorchestes berolinensis* (C.L. Koch, 1846):** 1 ♂ (TNU-1341/6), выше Никиты, залежь, л.Б., 29.06.-8.07.2001, Н.М. Ковблюк.

Род ***Pellenes* Simon, 1876**

**99. *Pellenes nigrociliatus* (Simon in Koch, 1875):** 1 ♂ (TNU-1303/7), выше Никиты, залежь, л.Б., 7-13.05.2000, Н.М. Ковблюк.

Род ***Phlegra* Simon, 1876**

**100. *Phlegra fasciata* (Hahn, 1826):** 1 ♂, 2 ♀♀ (TNU-750/12, 1342/7, 1344/4), выше Никиты, залежь, 18.09.1999-11.08.2001, Н.М. Ковблюк.

Род ***Philaeus* Thorell, 1869**

**101. *Philaeus chrysops* (Poda, 1761):** 1 ♂ (TNU-2500/1), выше с. Васильевка, над оз., 8.06.2000, Н.М. Ковблюк; 8 ♂♂, 2 ♀♀ (TNU-2492/3), 1,5 км к С. от с. Васильевка, залежь, под камнями, 27.05.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2457/2), окр. Ялты, 20.07.2003, Н.М. Ковблюк.

Род ***Saitis* Simon, 1876**

**102. *Saitis tauricus* Kulczynski, 1905:** 2 ♂♂ (TNU-1379/15, 1383/10), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 3.06.2000-9.07.2000, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2477/7), выше Никиты, сосняк, 28.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов.

Род ***Sitticus* Simon, 1901**

**103. *Sitticus damini* (Chyzer in Chyzer et Kulczynski, 1891):** 1 ♂, 7 ♀♀ (TNU-2493/10), Ялтинская яйла между Йограф-богазом и г. Ольмесхыр (1213 м н.у.м.), редколесье из *Pinus kochiana*, под камнями, 9.09.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2471/13), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-

2442/7), Ялтинская яйла, 31.07.2004, Е.Ю. Свириденко; 3 ♂♂, 9 ♀♀ (TNU-2495/4), Ялтинская яйла, окр. г. Лапата (1406 м н.у.м.), редколесье из сосны Коха, можжевельника казацкого, с чабрецом и типчаком, под камнями, 15.07.2007, Н.М. Ковблюк.

**104. *Sitticus penicillatus* (Simon, 1875):** 5 ♂♂, 8 ♀♀ (TNU-1303/8, 1304/11, 1305/9, 1306/10, 1307/8, 1310/2, 1311/1), выше Никиты, залежь, л.Б., 7.05.-9.07.2000, Н.М. Ковблюк.

Семейство **SCYTODIDAE BLACKWALL, 1864**

Род *Scytodes* Latreille, 1804

**105. *Scytodes thoracica* (Latreille, 1802):** 23 ♂♂, 8 ♀♀ (TNU-1362/3, 1370/2, 1371/3, 1372/1, 1377/5, 1378/1, 1379/1, 1380/1, 1385/2, 1412/5, 1413/5, 1414/5, 1416/3, 1418/4, 1421/4, 1422/1), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 5.02.2000-24.09.2001, Н.М. Ковблюк; 21 ♂♂, 11 ♀♀ (TNU-1336/4, 1337/4, 1338/4, 1339/3, 1340/2, 1342/3, 1343/1, 1344/1, 1345/1, 1346/1, 1350/1, 1351/1, 1352/1), выше Никиты, залежь, л.Б., 17.04.2001-4.11.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2491/1), выше Никиты, залежь, под камнями, 2.09.2001, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2440/1), окр. Ялты, под камнями, 27.10.2002, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2483/8), выше Никиты, л.Б., июнь 2002, А.А. Хаустов.

Семейство **SEGESTRIIDAE SIMON, 1893**

Род *Segestria* Latreille, 1804

**106. *Segestria senoculata* (Linnaeus, 1758):** 1 ♂, 2 ♀♀ (TNU-780/1), яйла Ай-Петри, 17-й км трассы Ялта-Бахчисарай, под камнями и в трухлявых деревьях, 7-8.09.1999, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2502/7), Ю. скл. Ай-Петри, верхнее течение р. Учан-Су, в подстилке, 31.05.2001, Н.Н. Юнаков; 2 ♂♂ (TNU-2505/2), Ай-Петри, пер. Шайтан-Мердвен, под обрывами, лес из дуба пушистого, граба, грабинника, клёна, липы, бересклета, можжевельника колючего, скумпии, с травостоем из иглицы, коротконожки, осок, плюща, в подстилке, 12.10.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2495/1), Ялтинская яйла, окр. г. Лапата (1406 м н.у.м.), редколесье из сосны Коха, можжевельника казацкого, с чабрецом и типчаком, под камнями, 15.07.2007, Н.М. Ковблюк.

Семейство **SPARASSIDAE SIMON, 1874**

Род *Micromata* Latreille, 1804

**107. *Micromata virescens* (Clerck, 1758):** 1 ♀ (TNU-2501/1), над Ялтой, хр. Ставрея-богаз, среднее течение р. Яузлар, 13.06.2001, Н.Н. Юнаков.

Семейство **TETRAGNATHIDAE MENGE, 1866**

Род *Metellina* Chamberlin et Ivie, 1941

**108. *Metellina mengei* (Blackwall, 1870):** 3 ♂♂, 4 ♀♀ (TNU-2459/1), окр. с. Парковое, сосна, можжевельники высокий и колючий, дуб пушистый, кипарис, держи-дерево, иглица, ладанник, злаки, кошение, 9.03.2007, Н.М. Ковблюк.

**109. *Metellina segmentata* (Clerck, 1758):** 1 ♀ (TNU-2493/9), Ялтинская яйла между Иограф-богазом и г. Ольмесхыр (1213 м н.у.м.), редколесье из *Pinus kochiana*, под камнями, 9.09.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2506/1), выше н.п. Краснокаменка, виноградник, 7.10.2001, М.Н. Ковблюк.

Род *Pachygnatha* Sundevall, 1823

**110. ? *Pachygnatha clercki* Sundevall, 1823:** 1 ♀ (TNU-2443/1), яйла Ай-Петри, 11-12.06.2005, Е.Ю. Свириденко.

**111. *Pachygnatha degeeri* Sundevall, 1830:** 1 ♂ (TNU-2499/1), Ялта, холм Дарсан, у ручья, 12.08.2001, А.А. Хаустов.

Семейство **THERIDIIDAE SUNDEVALL, 1833**

Род ***Achaearanea* Strand, 1929**

**112. *Achaearanea lunata* (Clerck, 1758):** 2 ♀♀ (TNU-738/3), яйла Ай-Петри над Форосом, лес из дуба и граба, 4-7.07.1997, М.В. Ончуров.

Род ***Crustulina* Menge, 1868**

**113. *Crustulina guttata* (Wider, 1834):** 1 ♂, 2 ♀♀ (TNU-2484/2), окр. Никиты, выше сан. «Сосняк», сосновый лес, под камнями, 20.01.2002, А.А. Хаустов; 3 ♂♂, 7 ♀♀ (TNU-2465/2), окр. с. Парковое, сосна, можжевельники высокий и колючий, ситом, 9.03.2007, Н.М. Ковблюк.

Род ***Enoplognatha* Pavesi, 1880**

**114. *Enoplognatha ovata* (Clerck, 1758):** 1 ♀ (TNU-2442/8), Ялтинская яйла, 31.07.2004, Е.Ю. Свириденко.

**115. *Enoplognatha thoracica* (Hahn, 1833):** 1 ♂ (TNU-1378/15), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 27.05.-3.06.2000, Н.М. Ковблюк.

Род ***Episinus* Walckenaer in Latreille, 1809**

**116. *Episinus maculipes* Cavanna, 1876:** 1 ♂ (TNU-2442/1), Ялтинская яйла, 31.07.2004, Е.Ю. Свириденко.

**117. *Episinus truncatus* Latreille, 1809:** 1 ♀ (TNU-771/1), окр. с. Партизанское, 6-7.09.1999, Н.М. Ковблюк.

Род ***Neottiura* Menge, 1868**

**118. *Neottiura herbigrada* (Simon, 1873):** 1 ♂ (TNU-1339/11), выше Никиты, залежь, л.Б., 4-16.06.2001, Н.М. Ковблюк.

Род ***Pholcomma* Thorell, 1869**

**119. *Pholcomma gibbum* (Westring, 1851):** 1 ♂ (TNU-2477/9), выше Никиты, сосняк, 28.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов.

Род ***Steatoda* Sundevall, 1833**

**120. *Steatoda grossa* (C.L.Koch, 1838):** 1 ♂ (TNU-2444/2), Уч-Кош, полянка, 25.12.2001, Н.М. Ковблюк.

**121. *Steatoda paykulliana* (Walckenaer, 1806):** 1 ♂ (TNU-774/1), окр. с. Васильевка, шибляк, 9-10.09.1999, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2422/1), к С. от Никиты, берег пруда, 18.09.1999, А.А. Хаустов; 7 ♂♂, 17 ♀♀ (TNU-750/2), выше Никиты, залежи, л.Б., 18.09.1999-29.04.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2492/1), 1,5 км к С. от с. Васильевка, залежь, под камнями, 27.05.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2420/1), холм Дарсан, 8.07.2001, А.А. Хаустов; 1 ♀ (TNU-2473/1), выше Никиты, залежь, л.Б., 13-28.04.2002, А.А. Хаустов; 2 ♀♀ (TNU-2476/1), выше Никиты, поляна, л.Б., 28.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов.

Семейство **THOMISIDAE SUNDEVALL, 1833**

Род ***Cozyptila* Lehtinen & Marusik, 2005**

**122. *Cozyptila guseinovorum* Marusik & Kovblyuk, 2005:** 2 ♀♀ (TNU-2502/1), Ю. скл. Ай-Петри, верхнее течение р. Учан-Су, в подстилке, 31.05.2001, Н.Н. Юнаков; 2 ♀♀ (TNU-2505/5), Ай-Петри, пер. Шайтан-Мердвен, под обрывами, лес из дуба пушистого, граба, грабниника, клёна, липы, бересклета, можжевельника

колючего, скумпии, с травостоем из иглицы, коротконожки, осок, плюща, в подстилке, 12.10.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂, 1 ♀ (TNU-2503/3), яйла Ай-Петри к В. от пер. Шайтан-Мердвен, лес из дуба, ясеня, грабинника, бирючины, свидины, с травостоем из воробейника, молочая, крокусов, коротконожки, земляники, в подстилке, 13.10.2001, Н.М. Ковблюк.

Род *Ozyptila* Simon, 1864

**123. *Ozyptila atomaria* (Panzer, 1801):** 5 ♂♂, 6 ♀♀ (TNU-1324/4, 1334/5, 1335/3, 1337/5, 1338/9, 1341/4, 1353/3, 1433/4), выше Никиты, залежь, л.Б., 13.11.2000-3.02.2002, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2460/6), С. скл. г. Могаби, 15.10.2001, А.А. Хаустов.

**124. *Ozyptila pullata* (Thorell, 1875):** 1 ♂ (TNU-1334/6), выше Никиты, залежь, л.Б., 24.03.-7.04.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2484/5), окр. Никиты, выше сан. «Сосняк», сосновый лес, под камнями, 20.01.2002, А.А. Хаустов.

Род *Xysticus* C.L.Koch, 1835

**125. *Xysticus caperatus* Simon, 1875:** 2 ♂♂ (TNU-1343/6, 1344/5), выше Никиты, залежь, л.Б., 22.07.-11.08.2001, Н.М. Ковблюк.

**126. *Xysticus kochi* Thorell, 1872:** 6 ♂♂, 6 ♀♀ (TNU-1297/4, 1298/4, 1299/3, 1300/4, 1301/6, 1303/5, 1304/10, 1306/8, 1308/2, 1335/4), выше Никиты, залежь, л.Б., 25.03.2000-17.04.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2463/2), выше Никиты, Верхнее Никитское оз., 1,5 м. от воды, л.Б., 10-23.03.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2467/1), выше Никиты, Верхнее Никитское оз., 1,5 м. от воды, л.Б., 13-28.04.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2479/3), Верхнее Никитское оз., у воды, л.Б., 28.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов.

**127. *Xysticus lestus* Thorell, 1875:** 1 ♂ (TNU-1336/5), выше Никиты, залежь, л.Б., 17-29.04.2001, Н.М. Ковблюк.

**128. *Xysticus spasskyi* Utotschkin, 1968:** [9].

Семейство TITANOECIDAE LEHTINEN, 1967

Род *Nurscia* Simon, 1875

**129. *Nurscia albosignata* Simon, 1874:** 2 ♀♀ (TNU-774/11), окр. с. Васильевка, шибляк, 9-10.09.1999, Н.М. Ковблюк; 2 ♂♂, 6 ♀♀ (TNU-750/6, 1311/2, 1312/2, 1313/2, 1315/3, 1343/4), выше Никиты, залежи, л.Б., 18.09.1999-31.07.2001, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2457/1), окр. Ялты, 20.07.2003, Н.М. Ковблюк.

Семейство ULOBORIDAE THORELL, 1869

Род *Huptyotes* Walckenaer, 1837

**130. *Huptyotes paradoxus* (C.L.Koch, 1834):** 1 ♀ (EMZ), окр. с. Васильевка, 15.08.1995, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (EMZ), окр. с. Васильевка, 21.08.1995, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (EMZ), окр. с. Васильевка, на сети между сосной и можжевельником колючим, 24.08.1995, Н.М. Ковблюк.

Семейство ZODARIIDAE THORELL, 1881

Род *Zodarion* Walckenaer in Savigny et Audouin, 1826

**131. *Zodarion morosum* Denis, 1935:** [2].

**132. *Zodarion cyprium* Kulczyński, 1908:** [2].

Семейство ZORIDAE LEHTINEN, 1967

Род *Zora* C.L.Koch, 1847

**133. *Zora manicata* Simon, 1874:** 1 ♂ (TNU-2471/12), выше Никиты, сосновый лес, л.Б., 13-26.05.2002, А.А. Хаустов.

Замечание. Вид впервые отмечается в фауне Крыма.

**134. *Zora pardalis* Simon, 1878:** 1 ♂ (TNU-2479/4), Верхнее Никитское оз., у воды, л.Б., 28.04.-12.05.2002, А.А. Хаустов; 1 ♂ (TNU-2483/10), выше Никиты, л.Б., июнь 2002, А.А. Хаустов.

### ВЫВОДЫ

1. На территории ЯГЛПЗ отмечено 134 вида пауков. Поскольку ранее из ЯГЛПЗ указывалось только 25 видов, список увеличен на 109 видов.
2. Впервые в Крыму обнаружены 2 вида: *Archaeodictyna consecuta* и *Zora manicata*.
3. Видовой состав пауков ЯГЛПЗ выявлен не полностью. Сейчас известна только часть (возможно, незначительная) видов пауков, реально обитающих в ЯГЛПЗ. Для сравнения, с территории заповедника Мыс Мартьян (около 120 га суши) известно 140 видов [19] – это на 6 видов больше, чем в ЯГЛПЗ (14 230 га!).

### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор в высшей степени признателен друзьям и коллегам за передачу своих сборов пауков для обработки: А.А. Хаустову (Никитский ботанический сад, Ялта), О.В. Кукушкину (Карадагский природный заповедник НАНУ), М.В. Ончурову (Таврический национальный университет, Симферополь), Н.Н. Юнакову (Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург), Е.Ю. Свириденко (Институт зоологии НАНУ, Киев) и С.В. Леонову (Таврический национальный университет, Симферополь).

### Список литературы

1. Ковблюк Н.М. *Harpactea doblikai* и *H. rubicunda* (Aranei, Dysderidae) в Крыму / Н.М. Ковблюк // Вестник зоологии. – 2002а. – Т. 36, вып. 3. – С. 81-86.
2. Ковблюк Н.М. Пауки рода *Zodariion* (Aranei: Zodariidae) в фауне Крыма / Н.М. Ковблюк // Евразийский энтомологический журнал. – 2002б. – Т. 1, вып. 2. – С. 177-183.
3. Ковблюк Н.М. Переописание и синонимия *Tegenaria lapicidinarum* (Aranei, Agelenidae) / Н.М. Ковблюк // Вестник зоологии. – 2004. – Т. 38, вып. 3. – С. 43-51.
4. Ковблюк Н.М. Малоизвестные виды рода *Zelotes* (Aranei, Gnaphosidae) из Крыма / Н.М. Ковблюк // Вестник зоологии. – 2005. – Т. 39, вып. 5. – С. 3-14.
5. Ковблюк Н.М. *Zelotes kukushkini* sp.n. (Aranei, Gnaphosidae) и близкие виды в фауне Палеарктики / Н.М. Ковблюк // Вестник зоологии. – 2006. – Т. 40, вып. 3. – С. 205-217.
6. Ковблюк Н.М. Пауки рода *Drassodes* (Aranei, Gnaphosidae) фауны Крыма / Н.М. Ковблюк // Вестник зоологии. – 2008. – Т. 42, вып. 1. – С. 11-24.
7. Ковблюк Н.М. Пауки семейства Dysderidae Украины (Arachnida, Aranei) / Н.М. Ковблюк, Е.В. Прокопенко, А.А. Надольный // Евразийский энтомологический журнал. – 2008. – Т. 7, вып. 4. – С. 287-306.
8. Kovblyuk M.M. The spider genus *Drassyllus* Chamberlin, 1922 in the Crimean fauna, with description of a new species (Aranei: Gnaphosidae) / M.M. Kovblyuk // Arthropoda Selecta. – 2003. – V. 12, No. 1. – P. 23-28.
9. Kovblyuk M.M. A survey of spider species with Crimeo-Caucasian disjunct ranges (Arachnida, Araneae) / M.M. Kovblyuk // European Arachnology 2002 (F. Samu & Cs. Szinetar eds.). Proceedings of the 20th European Colloquium of Arachnology (Szombathly, 22-26 July 2002). – Budapest: Plant Protection Institute & Berzsenyi College, 2004a. – P. 251-258.

10. Kovblyuk N.M. The spider genus *Trachyzelotes* Lohmander, 1944 in the Crimea, south Ukraine (Araneae: Gnaphosidae) / M.M. Kovblyuk // European Arachnology 2003 (D.V. Logunov & D. Penney eds.). Proceedings of the 21th European Colloquium of Arachnology (St.-Petersburg, 4-9 August 2003). – Arthropoda Selecta – 2004b. – Special Issue No.1 – P. 139-146.
11. Kovblyuk M.M. The spider genus *Gnaphosa* Latreille, 1804 in the Crimea (Aranei: Gnaphosidae) / M.M. Kovblyuk // Arthropoda Selecta. – 2005. – Vol. 14, No. 2. – P. 133-152.
12. Kovblyuk M.M. *Malthonica podoprygorai* sp.n. from the Crimea (Aranei: Agelenidae) / M.M. Kovblyuk // Arthropoda Selecta. – 2007. – Vol. 15, No. 1. – P. 23-27.
13. Gnelitsa V.A. A survey of Crimean Linyphiidae (Aranei). 1. On seven rare and little known linyphiids from Crimea / V.A. Gnelitsa // Arthropoda Selecta. – 2009. – Vol. 17, No. 3-4. – P. 191-202.
14. Marusik Yu.M. A survey of *Lathys* Simon, 1884 from Crimea, with resurrection of *Scotolathys* Simon, 1884 (Aranei: Dictynidae) / Yu.M. Marusik, M.M. Kovblyuk, A.A. Nadolny // Arthropoda Selecta. – 2009. – Vol. 18, No. 1/2. – P. 21-33.
15. Nadolny A.A. On two closely related wolf spider species *Alopecosa beckeri* (Thorell, 1875) and *A. taeniopus* (Kulczynski, 1895) (Aranei, Lycosidae) / A.A. Nadolny, M.M. Kovblyuk // Arthropoda Selecta. – 2010. – Vol. 19, No. 4. – P. 237-247.
16. Kovblyuk M.M. On two closely related funnel-web spider species, *Agelena orientalis* C.L. Koch, 1837, and *A. labyrinthica* (Clerck, 1757) (Aranei, Agelenidae) / M.M. Kovblyuk, Z.A. Kastrygina // Arthropoda Selecta. – 2011. – Vol. 20, No. 4. – P. 273-282.
17. Kovblyuk M.M. A review of the spider genus *Haplodrassus* Chamberlin, 1922 in Crimea (Ukraine) and adjacent areas (Araneae, Gnaphosidae) / M.M. Kovblyuk, Z.A. Kastrygina, M.M. Omelko // ZooKeys. – 2012. – 205. – P. 59-89.
18. Nadolny A.A. New data on *Pisaura novicia* (Aranei: Pisauridae) from eastern Europe / A.A. Nadolny, A.V. Ponomarev, M.M. Kovblyuk, K.V. Dvadenko // Arthropoda Selecta. – 2012. – Vol. 21, No. 3. – P. 255-267.
19. Ковблюк Н.М. Пауки (Arachnida, Aranei) заповідника Мыс Мартьян (Крым, Украина) / Н.М. Ковблюк, А.А. Надольный, В.А. Гнелица, Е.М. Жуковец // Кавказский энтомологический бюллетень. – 2008. – Т. 4, вып. 1. – С. 3-40.

**Ковблюк М.М. Попередні відомості про павуків (Arachnida, Aranei) Ялтинського гірсько-лісового природного заповідника (Крим) / М.М. Ковблюк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 82-97.**

В Ялтинському заповіднику знайдено 134 види павуків, з яких 109 видів вказуються вперше. Вперше для Криму відмічені 2 види: *Archaeodictyna consecuta* та *Zora manicata*.

**Ключові слова:** павуки, Aranei, аннотований список, *Archaeodictyna consecuta*, *Zora manicata*.

**Kovblyuk M.M. The preliminary report about spiders (Arachnida, Aranei) in Yalta Mountain-Forest Reserve (Crimea) / M.M. Kovblyuk // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 82-97.**

There are 134 spider species recorded from the Yalta Reserve, 109 species are found in this place for the first time. *Archaeodictyna consecuta* and *Zora manicata* are new species records for the Crimea.

**Keywords:** spiders, Aranei, check-list, *Archaeodictyna consecuta*, *Zora manicata*.

Поступила в редакцію 17.11.2012 г.

УДК 159.91 : 612.821

## ЭЛЕКТРОГРАФИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ АГРЕССИВНОСТИ КАК СВОЙСТВА ЛИЧНОСТИ (ОБЗОР)

*Конарева И.Н.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: psyphysiol\_lab@ukr.net*

В обзоре проанализированы литературные данные о нейробиологических основах агрессивности и агрессивного поведения, полученные с помощью методов объективного исследования (электроэнцефалографии, кардиоинтервалографии, томографии и других). Как маркеры высокой агрессивности, рассматриваются относительно низкая фоновая частота сердечных сокращений и повышенная вегетативная реактивность по отношению к угрожающим стимулам, повышенная мощность медленноволновых компонентов ЭЭГ при относительно низкой интегральной мощности ЭЭГ-колебаний, низкая амплитуда потенциала P300, а также признаки структурных и функциональных изменений в фронтокортикальных и лимбических областях мозга. Описывается ряд интерпретационных теорий природы агрессивности и агрессивного поведения. Приведенные данные дополнены собственными результатами автора.

**Ключевые слова:** агрессивность, личность, энцефалограмма, связанные с событием ЭЭГ-потенциалы, кардиоинтервалограмма.

Агрессивность является фундаментальным свойством личности, которое можно определить как степень относительно стабильной готовности к агрессивному поведению и склонности всегда (или почти всегда) интерпретировать поведение контрагента как враждебное. Следует четко дифференцировать агрессию как поведенческий феномен (действие или комплекс действий) и агрессивность как свойство личности. Вместе с тем, в современных научных публикациях эти понятия смешиваются. Ситуацию заметно осложняет то обстоятельство, что в англоязычной литературе термины «aggression» и «aggressiveness» весьма часто не разделяются.

Использование психофизиологического подхода может сыграть ключевую роль в исследовании нейробиологических основ агрессивности и агрессивного поведения. Большинство доступных публикаций касается выявления некоего маркера либо на структурном уровне отделов мозга, либо при сравнении характеристик активности мозга в покое и при решении относительно простых поведенческих задач. К настоящему времени идентифицирован ряд биологических переменных, которые достоверно коррелируют с уровнем агрессивности. Это частота сердечных сокращений (ЧСС) в покое, мощность медленноволновых компонентов ЭЭГ, амплитуда ЭЭГ-потенциала P300, концентрация мозгового нейромедиатора серотонина и ряд других [1].

В этих исследованиях агрессию классифицируют как инструментальную

(действенную) или враждебную (реактивную) [цит. по: 2]. Инструментальная агрессия описывается как незмоциональная демонстрация агрессивных действий для достижения некоторых целей индивидуума. Реактивная агрессия содержит в контексте действий эмоцию гнева и характеризуется высоким уровнем эмоциональности. Она менее управляема и более импульсивна, часто возникает в ответ на некоторую фрустрацию, оскорбление или провокацию.

Изучение детей и подростков с антиобщественным поведением (в том числе агрессивным) показало, что они отличаются в целом более низкими показателями вегетативной активности, в частности более низкой ЧСС, а также меньшими значениями электросопротивления кожи. В то же время низкая электрокожная активность (КГР, кожно-гальванический рефлекс, или EDA) в покое и при выполнении тест-заданий была ассоциирована с психопатиями/социопатиями. Таким образом, КГР-реактивность позитивно коррелировала с уровнем агрессивности и негативно – с психопатией/социопатией, а низкие ЧСС и высокая реактивность этого показателя ассоциированы с агрессивностью и нарушениями поведения (conduct disorder) [3].

Результаты относительно автономной реактивности по отношению к вредным или угрожающим стимулам были менее четки. Однако в целом увеличение ЧСС и проводимости кожи в ответ на действие стрессоров были значительнее у детей с реактивной агрессией [3] и меньше у детей с инструментальной агрессией по сравнению с соответствующими реакциями у неагрессивных детей [4]. Дети и подростки с проблемами агрессивности в поведении имели ослабленный парасимпатический контроль сердечно-сосудистой системы (ССС) [5]. Эти результаты показывают, что агрессивность у детей, сопровождаемая эмоцией гнева и другими эмоциональными реакциями, коррелирует с повышенной защитной реактивностью в условиях угрозы.

Взрослые лица с выраженной враждебностью в целом отвечают на социальные стрессоры более интенсивными реакциями ССС. Была выявлена положительная взаимосвязь между установленной с использованием соответствующих опросников, враждебностью как чертой личности, и сердечно-сосудистой реактивностью в ситуациях интерперсонального напряжения (увеличение систолических и диастолических значений кровяного давления) и при действии провокационных стрессоров [6]. В семейных парах в задаче обсуждения и оценки высказывания было выявлено, что у мужей враждебность (определяемая по опроснику агрессивности Басса–Перри) была связана с большей реактивностью системы регуляции кровяного давления при высоком уровне угрозы, а у жен бóльшая реактивность ССС наблюдалась при их несогласии с мужьями [7]. В связи с этим авторы высказали предположение о наличии половых различий в психофизиологических механизмах социальной враждебности.

В ситуации лабораторной on-line «парадигмы агрессии Басса», уточняющей роль отрицательной эмоциональной активации в увеличении карательного поведения у склонных к агрессии индивидуумов, было установлено, что лица, отличающиеся, согласно их самооценке, высокой тревожностью, враждебностью и агрессивностью, демонстрировали усиленную негативную активацию при действии

шоковых стимулов и, в связи с этим, усиленное агрессивное поведение (наносит более сильные шок-стимулы контрагенту) [8].

Таким образом, результаты приведенных исследований показывают, что у агрессивных детей и подростков более низки уровни автономной активации в состоянии покоя, но более высока автономная реактивность по отношению к стрессорным событиям. Результаты у взрослых лиц менее однозначны, но также указывают на увеличенную автономную реактивность по отношению к стрессорам (особенно межличностным) у агрессивно-враждебных индивидуумов. В целом это согласуется с гипотезой, что импульсивная агрессия и насилие возникают как следствия дефектного регулирования эмоций [9]. Эмоция обычно регулируется в мозгу человека на основе активности сложного круга структур, состоящего из орбитофронтальной коры, миндалины, предлежащей цингулярной коры и нескольких других связанных областей. Действительно, префронтальная кора получает мощные серотонинергические проекции, которые неадекватно функционируют у импульсивно-агрессивных индивидуумов [9].

Заметно иные результаты были получены в отношении взрослых психопатов. Так, взрослые психопаты правонарушители (*psychopathic offenders*), в отличие от непсихопатических правонарушителей, демонстрировали тенденцию к меньшим фазным электрокожным ответам на индуцирующие отвращение (аверсивные) реплики и в течение периода ожидания напряженных событий. У них также отсутствовали достоверные отличия уровней вегетативной активности в покое [3].

Объяснение этих расхождений, видимо, основывается на различиях между эмоционально-межличностными и антиобщественными особенностями отклонений у психопатов. Очевидно, что более высокий уровень психопатии связан с выраженными тенденциями к насилию, причем рецидивирующему, т.е. включает в себя проявления импульсивности и агрессии. Основное эмоциональное отличие психопатов может быть связано с дефицитом в их ответах опасения (страха) [10].

Отличительные эмоционально-межличностные особенности психопатии (отсутствие угрызений совести, дефицит эмпатии, необоснованная аффективность, резкость, «мания величия» и манипулятивность) приближают ее в большей степени к инструментально-действенному типу агрессивности, чем к импульсивно-реактивному типу, который традиционно исследовался в ходе психофизиологического изучения феномена агрессии. Индивидуумов, у которых проявляются основные эмоциональные особенности психопатии, нужно рассматривать отдельно от других типов правонарушителей, склонных к насилию (*violent offenders*) в ходе исследования психофизиологического базиса агрессивного поведения.

Таким образом, низкие значения ЧСС, как предполагают, могут представлять существенный биологический маркер вероятности антисоциального агрессивного поведения. Вместе с тем, необходимо отметить, что взаимосвязи иных характеристик сердечного ритма, выявляемые в ходе КИГ-исследований, с такой личностной особенностью, как агрессивность, пока если и изучались, то в крайне ограниченной степени.

В нашем исследовании [11] в рандомизированной выборке практически здоровых испытуемых мы выявили следующие достоверные корреляции

психологических оценок агрессивности, полученных с помощью соответствующих опросников, с показателями кардиоинтервалограммы. Положительные корреляции найдены с показателем амплитуда моды кардиоинтервалов (КИ), с показателями вариационной пульсометрии, по Баевскому (индекс вегетативного равновесия, вегетативный показатель ритма и индекс напряжения), со значениями нормированной мощности низкочастотных флуктуаций сердечного ритма LF (%) и соотношения абсолютных мощностей LF/HF. Отрицательные корреляции получены с показателями NN50 (количество соседних КИ, которые различаются более чем на 50 мс), pNN50 (нормированное значение этого показателя), Dm (дисперсия КИ), SDNN (стандартное отклонение КИ), Cvar (коэффициент вариации КИ), RMSSD (среднеквадратическое различие между продолжительностью соседних КИ) и VP (вариационный размах КИ), со значениями мощности всего спектра TP, отражающей суммарный уровень активности регуляторных систем, абсолютной мощности LF ( $\text{мс}^2$ ), отражающей уровень активности вазомоторного центра, и абсолютной мощности высокочастотных колебаний HF ( $\text{мс}^2$ ), связанной с уровнем активности парасимпатического звена регуляции. От общей картины установленных взаимосвязей несколько отличались результаты оценок по шкале «прямая физическая агрессия» опросника Ильина, которые коррелировали только положительно – с показателями Cvar и LF ( $\text{мс}^2$ )

Изучение электрокортикальной активности у криминальных лиц, склонных к насилию (violent criminal offenders) выявило у многих из них усиленную корковую медленноволновую активность, особенно в  $\delta$ -диапазоне ( $< 4$  Гц), безотносительно к определенной области скальпа [цит. по: 1]. Некоторые исследователи, однако, указывали, что отклонения в паттерне ЭЭГ (наличие медленных и/или острых волн) проявляются преимущественно в темпоральных областях [12]. Еще Гасто (1957) и Уолтер (1953) сообщали об усилении  $\delta$ -активности у психологически незрелых людей, склонных к агрессии, а также у пассивных индивидуумов, легко поддающихся внешним влияниям [цит. по: 13].

Однако в целом результаты неоднозначны. Так, у мужчин со склонностью к самоубийству и с антисоциальным паттерном личности были отмечены относительно высокая мощность  $\delta$ - и  $\theta$ -осцилляций в затылочных отведениях и очень значительная редукция  $\alpha$ -активности [14]. У здоровых лиц с импульсивной агрессивностью были обнаружены более низкая мощность лобных  $\delta$ - и  $\theta$ -осцилляций и различия в топографии  $\beta$ -активности по сравнению с таковыми у неимпульсивных субъектов [15]. В экспериментальной «парадигме агрессии Тейлор» были показаны увеличение интенсивности лобного  $\theta$ -ритма ЭЭГ в случае воздержания от провокации и уменьшение  $\theta$ -мощности при ответе оппоненту [16]. Возможно, что эти противоречия в определенной степени связаны с тем, что авторы рассматривали разные аспекты агрессивности.

Манди-Кастл и Гасто в 50-х годах XX столетия указывали на то, что доминирование относительно низкочастотного субкомпонента в составе  $\alpha$ -ритма (8-9 Гц) отмечается у спокойных, добродушных, флегматичных людей.  $\alpha$ -Ритм же с высокой модальной частотой (11-13 Гц) характерен для очень возбудимых, чрезмерно эмоциональных, агрессивных людей, причем у многих из них

наблюдается ряд психоневротических симптомов [цит. по: 13]. Медник и соавт. сообщили о том, что  $\alpha$ -активность у антиобщественных индивидуумов обычно относительно «замедлена» [17]. Финн и соавт. выявили у лиц со случаями алкоголизма в семье (позитивной семейной историей алкоголизма) и выраженной агрессивностью по опроснику Басса–Дарки относительную депрессию  $\alpha$ -ритма при отсутствии изменений  $\beta$ -активности во фронтальных регионах коры в ситуации ответа на угрозу [18].

Мы в своем исследовании [19] обнаружили, что несмотря на естественную высокую интериндивидуальную вариабельность, бóльшие спектральные мощности (СМ) почти всех частотных компонентов ЭЭГ центральных отведений С3 и С4 в состоянии покоя ( $\delta$ -,  $\theta$ -,  $\alpha$ - и  $\beta$ -ритмов) и величина коэффициента реактивности  $\alpha$ -ритма в целом соответствовали меньшим показателям по шкалам опросника Басса–Дарки и значениям индексов агрессивности и враждебности.

При анализе результатов многоканального отведения ЭЭГ [20] выявлен ряд интересных закономерностей. Значения СМ  $\delta$ - и  $\gamma$ -ритмов в основном коррелировали отрицательно с рядом оценок агрессивности, но также СМ  $\delta$ -осцилляций коррелировала положительно, например, с оценками по шкале «прямая физическая агрессия», а СМ  $\gamma$ -диапазона – с оценками по шкале «аутоагрессия» опросника Ильина (причем данные оценки имели положительные связи и со значениями СМ  $\beta$ 2-ритма). СМ  $\theta$ -осцилляций во многих случаях демонстрировала положительные связи, так же как и СМ  $\beta$ 2-диапазона, с характеристиками агрессивности. Величина СМ  $\beta$ 1-диапазона однозначно не соотносилась с оценками опросников. В то же время СМ  $\alpha$ -ритма негативно коррелировала со всеми оценками агрессивности. Поскольку СМ  $\alpha$ -осцилляций наиболее высока по сравнению со СМ других компонентов ЭЭГ, то можно констатировать, что у высокоагрессивных субъектов суммарная СМ ЭЭГ обычно ниже, чем у неагрессивных.

Модальная частота (МЧ)  $\delta$ -,  $\theta$ - и  $\beta$ 1-ритмов ЭЭГ коррелировала положительно с оценками агрессивности, а МЧ  $\alpha$ -,  $\beta$ 2- и  $\gamma$ -осцилляций – отрицательно (хотя для МЧ  $\beta$ 2-ритма и оценок по шкале «прямая физическая агрессия» наблюдалась обратная корреляция). Таким образом, результаты использования различных опросников оказались в значительной мере сходными, хотя в ряде аспектов можно было отметить и наличие определенных различий, которые могли быть связаны с вариативностью психологического содержания рассмотренных шкал [20].

Нам встретились лишь единичные публикации, касающиеся соотношения данной черты личности с уровнем когерентности ЭЭГ (значениями коэффициента когерентности –  $K_{\text{ког}}$ ). Так, при моделировании состояния скрытой агрессии (во время подготовки к ответу на соответствующий вопрос и в условиях гипнотического внушения) у здоровых лиц отмечались ослабление когерентности ЭЭГ-колебаний в лобных (Fp2, F4, F8) и височных (Т4 и, в меньшей степени, Т6) отделах правого полушария и существенное возрастание когерентности ЭЭГ-потенциалов в височных, теменных и затылочных областях левого полушария (особенно в О1, Т3, Т5, Р3) [21].

В нашем исследовании [22] мы отметили наибольшее количество различий  $K_{\text{ког}}$  у осцилляций  $\beta$ - и  $\gamma$ -диапазонов. Подгруппу лиц с высоким уровнем агрессивности в

целом характеризовали несколько меньшие значения  $K_{\text{ког}}$  для  $\delta$ - и  $\theta$ -диапазонов (особенно в парах отведений P4–O2) и большие величины  $K_{\text{ког}}$  для  $\beta_1$ -,  $\beta_2$ -ритмов (с акцентом в паре C3–P3) и  $\gamma$ -диапазона (максимум различий в T3–T5). Подгруппа лиц с высоким уровнем враждебности отличалась меньшими  $K_{\text{ког}}$   $\delta$ -,  $\theta$ - и  $\gamma$ -осцилляций и большими  $K_{\text{ког}}$  для  $\beta$ -диапазона в парах F8–T4 и F7–T3. У агрессивных лиц в целом обнаруживалось большее количество связей с низкими  $K_{\text{ког}}$ , особенно в  $\delta$ - и  $\theta$ -участках спектра. Подгруппы с преобладанием аутоагрессивности характеризовались достоверно меньшими значениями  $K_{\text{ког}}$  для  $\delta$ - и  $\theta$ -диапазонов.

Существующая литература по особенностям связанных с событием ЭЭГ-потенциалов (ССП, ERP) у агрессивных индивидуумов менее обширна, чем аналогичные сведения по текущей ЭЭГ. Тем не менее, следует упомянуть ряд установленных взаимосвязей.

Райне и соавт. сообщили [23], что характеристики ССП, зарегистрированных в парадигме условной негативной волны (УНВ) у школьников в возрасте 15 лет, коррелировали с преступным статусом таких испытуемых в возрасте 24 года. Лица, осужденные в дальнейшем, отличались относительно высокими амплитудами N1 и укороченным латентным периодом (ЛП) потенциала P300 после стимула предупреждения. Психопатические индивидуумы в пределах преступной группы характеризовались большими амплитудами компонента N1 и УНВ. Дискриминантный анализ с использованием маркеров N1 и P300 позволил правильно классифицировать 74 % случаев криминального поведения.

Самая доказанная закономерность – это, видимо, уменьшение амплитуды потенциала P300 в oddball-задачах у лиц, подвергавшихся лишению свободы за преступления с физическим насилием и имеющих высокую генетическую нагрузку, связанную с алкоголизмом [24], что предполагало проявления импульсивно-агрессивного поведения. Уменьшенную амплитуду P300 в лобных долях обнаружили при предъявлении целевых стимулов у лиц, проявлявших антиобщественную направленность. Это интерпретировали как указание на возможность наличия предшествующей мозговой дисфункции у таких лиц [25].

Сниженную амплитуду P300 находили также во многих ситуациях, связанных с проблемами контроля импульсивности – при алкоголизме, зависимостях от наркотиков или никотина, нарушениях поведения ребенка и синдроме дефицита внимания (гиперактивности). Так, Жуков и соавт. отметили уменьшение амплитуды волны P300 при слуховой стимуляции в отведении Pz у агрессивных импульсивных субъектов [26]. Эти синдромы объединяет общий фактор, который понимается как предрасположенность к уязвимости системы контроля импульсивности различных видов. Данный фактор представляется ключевым в понимании нейробиологического субстрата импульсивно-реактивной агрессии [1].

С учетом теоретических моделей, интерпретирующих развитие потенциала P300 как отражение «on-line обновления» познавательных репрезентаций, относительное уменьшение амплитуды данной волны у импульсивно-агрессивных индивидуумов следует рассматривать как отражение некоторого ухудшения высших познавательных функций, что, возможно, связано с дефектами рабочей памяти [27].

Кихль и соавт. выявили большие амплитуды N2 и N550 во фронтоцентральных

участках и меньшую амплитуду P300 в oddball-задаче целевого обнаружения стимулов у психопатов с повреждениями амигдалы и височных долей [28]. Это позволяет связать психопатию с дисфункцией паралимбической системы, затрагивающей темпоральные и фронтальные области коры. Однако некоторые авторы не находят однозначной взаимосвязи между психопатией и амплитудой P300. Данный факт связывают со сложностями диагностирования этой патологии. Соответствующие эмоционально-межличностные особенности имеют тенденцию быть связанными больше с действенной агрессией (в дополнение к антисоциальным отклонениям).

В отличие от результатов изучения ЭЭГ-показателей у импульсивно-агрессивных лиц, ряд авторов не нашли различий в амплитуде P300 при предъявлении слуховых целевых стимулов у психиатрических амбулаторных пациентов, охарактеризованных как «предумышленные агрессоры» (premeditated aggressors), хотя они действительно демонстрировали существенную патологичность личности (более высокие показатели импульсивности, вербальной и физической агрессивности, гнева, враждебности, психотизма и нейротизма) [29].

Таким образом, большинство исследователей рассматривают сравнительно низкие величины потенциала P300 как маркер биологической, генетической предрасположенности к нарушениям взаимодействия с внешним миром (externalizing disorders) [30], включая проблемы с контролем импульсивности, в том числе импульсивно-реактивной агрессивности.

Мы в своем исследовании [31] выявили, что высокие амплитуды анализируемых ССП (ПГ, УНВ и P300), связанных с реализацией двигательных тест-задач, в целом соответствовали меньшим показателям по шкалам опросника Басса–Дарки и значениям индексов агрессивности и враждебности.

Привлечение томографических методов позволило визуально определить зоны мозга, связанные с формированием агрессивного поведения. Использование компьютерной томографии и структурного магнитного резонанса (MRI) выявило локальные отклонения в передненижних участках височной области коры у психиатрических пациентов с поведением, включающим проявления насилия, и органическими когнитивными синдромами. Было высказано предположение, что запуск программ насильственного поведения может быть результатом унилатеральной деструкции ядер миндалевидного комплекса или смежных структур. Это сочетается с параксизмальным возбуждением сохранных лимбических структур [32]. Так, в выборке лиц, совершавших покушения на убийство (homicide offenders) были найдены отклонения в лобной области (в 64,5 % случаев), височных зонах (в 29 %), а также атрофия и дегенеративные изменения в белом веществе мозга (в 47,4 %) [33].

Ряд исследований агрессивных лиц (физически нападавших на других или повреждавших собственность, алкоголиков с антисоциальной направленностью) с привлечением СПЕКТ (однофотонная эмиссионная компьютерная томография) свидетельствовали о заметной недостаточности кровотока в префронтальной и темпоральной коре с акцентом слева, а также об увеличенной активности его в базальных ганглиях и/или лимбической системе [34].

Результаты применения PET (позитронно-эмиссионная томография, ПЭТ)

показали наличие префронтальной мозговой дисфункции у лиц, склонных к насилию (violent offenders) (признающих себя невиновными из-за безумия или пытающихся представить себя неподсудными). Убийцы отличались значительно более низким метаболизмом глюкозы в латеральной и медиальной префронтальной коре, верхней теменной извилине, левой ангулярной извилине и мозолистом теле. У них также отмечалось уменьшение уровня функционирования левой стороны и увеличение правой в миндалине, таламусе и медиальной височной коре [35]. Эти результаты подтверждают гипотезу, что эмоциональные импульсивные убийцы менее способны управлять агрессивными импульсами, восходящими от подкорковых структур, из-за несовершенства системы префронтального регулирования. Это отличает их от лиц, совершивших спланированные правонарушения. Отмечается [36], что нарушение межполушарных отношений со снижением функциональной активности коры левого полушария и правополушарным сдвигом такой активности на фоне биполушарной дисфункции префронтальных отделов коры можно рассматривать как один из главных ЭЭГ-коррелятов повышенной агрессивности.

С помощью метода ПЭТ также было отмечено уменьшение реактивности по отношению к агонисту серотонина (mCPP) у импульсивно-агрессивных лиц. Такие субъекты характеризовались деактивацией левой передне-медиальной орбитальной и передних участков цингулярной коры, а также задней цингулярной извилины в ответ на серотонинергическую стимуляцию [37]. Более подробный обзор о связи уровней серотонина с агрессивным поведением был представлен де Боером и Коолхаасом [38].

Пьетрини и соавт., регистрируя региональный мозговой кровоток с помощью ПЭТ у здоровых испытуемых (без предшествующего асоциального поведения) при представлении сценариев, позволяющих активно нападать и не сдерживать гнев, выявили уменьшение кровотока в префронтальной коре (особенно в ее вентромедиальных областях). Было высказано предположение, что функциональная деактивация этой корковой области происходит, когда индивидуумы отвечают на выявление предполагаемого агрессивного поведения [39].

Стрензюк и соавт., используя методы функционального и структурного магнитного резонанса, отметили ослабленную активацию вентромедиальной префронтальной коры и уменьшение толщины фронтальной коры (FPC) у подростков 14-17 лет в ситуации возможных реальных агрессивных действий по отношению к равному по статусу лицу. Изменения активации FPC были также связаны с суждениями о серьезности агрессивных действий. Уменьшенная активация вентромедиальной префронтальной коры коррелировала с большим уровнем агрессивности. Данный факт рассматривался как указание на то, что нормальное функционирование этой области коры должно обеспечивать запрещающий контроль агрессивных импульсов. Параллельная активация FPC, вероятно, отражает предвидение вредных последствий, которые следуют за агрессивными действиями [40].

Таким образом, данные этих исследований указывают на заметные отклонения в структуре и функционировании лобных, темпоральных и передних цингулярных

кортикальных областей у лиц с импульсивно-агрессивным поведением.

Результаты психофизиологических измерений агрессивности и агрессивного поведения интерпретируются в рамках интегральной концептуальной схемы с привлечением двух основных интегральных моделей. Первая – иерархическая модель направленных вовне (externalizing) синдромов, связанных с различными проблемами контроля импульсивности (и управления ею), включающими в себя нарушения поведения (conduct disorder), агрессивно-антиобщественное поведение, зависимость от алкоголя, никотина и наркотиков, наличие импульсивно-агрессивных черт. Эти синдромы рассматриваются как проявления общей наследственной предрасположенности к уязвимости системы контроля импульсивности. Обосновывают такую модель результаты психогенетического исследования Крюгера и соавт., выявившие общие факторы для всех видов агрессивного поведения. Этот комплекс зависит от генетического влияния на 80 % и включает в себя субфактор «черствая агрессивность» (callous-aggression), представляющий собой комбинацию низкого уровня эмпатии, стремления к активному поиску стимуляций, склонностью к принуждению и злоупотреблению в отношениях с другими лицами. Этот симптомокомплекс больше связан с действенно-инструментальной агрессией, а также с субфактором «зависимость от наркотиков и алкоголя» [41].

Вторая нейробиологическая модель агрессивного поведения была сформулирована Дэвидсоном и соавт. Она рассматривает постоянную импульсивную агрессию как результат дисфункции комплекса взаимосвязанных мозговых структур, регулирующих эмоциональные состояния, в том числе и гнев. Это префронтальная кора (включая орбитофронтальные и вентромедиальные отделы), передняя цингулярная кора и подкорковые лимбические структуры (миндалина, гиппокамп и гипоталамус). Субкортикальные элементы этого комплекса играют ведущую роль в формировании эмоциональных состояний. Префронтальная кора играет основную роль в регулировании (торможении или усилении) эмоциональных состояний, а передняя цингулярная область обеспечивает детекцию сигналов, которым необходим эмоциональный контроль со стороны префронтальной коры. Повторяющиеся эпизоды импульсивной агрессии отражают расстройства нормальной способности различать возникающие сигналы возможной провокации, отвечать на них и/или модулировать защитное реагирование перед лицом непосредственной провокации или угрозы [9].

Существуют еще ряд гипотез, объясняющих психофизиологическую специфику низкосоциализированных лиц. Согласно одной из наиболее распространенных гипотез, выдвинутой Айзенком, описанные выше индивидуумы отличаются сниженным уровнем общей церебральной ЭЭГ-активации, которая мотивирует поиск стимулов [цит. по: 42]. Ряд авторов также указывают на незрелость кортикальных механизмов, обуславливающую недостаточный тормозной контроль и ослабление arousal-феноменов. Это предрасполагает к компенсаторному поиску внешних стимулов для возбуждения [23]. В рамках другой гипотезы Грей подчеркивалось то обстоятельство, что у подобных лиц снижена активность диэнцефальных «систем наказания» [цит. по: 42]. Гипотеза,

объясняющая замедление и ослабление  $\alpha$ -ритма задержкой развития коры, популярна, хотя и не имеет однозначных подтверждений. Замедленный  $\alpha$ -паттерн был зарегистрирован у реальных (а не потенциальных) делинквентов [17].

Дэвидсон и соавт. считают [9], что склонные к агрессии индивидуумы имеют недостаточность системы обнаружения конфликта и/или системы регулирования эмоций. Эти системы обеспечивают адекватность антиципации событий и действенность копинг-стратегий. Как следствие, у таких лиц уменьшены уровни активации, пока не происходит реальных столкновений со стрессорами. Можно утверждать, что дефекты в регулирующей схеме, выделенной Дэвидсоном, лежат в основе импульсивных агрессивных тенденций индивидуумов в широком спектре взаимодействий с внешним миром.

Отметим, что приведенные данные отличаются от результатов, полученных при исследовании синдрома психопатии. Авторы одной из гипотез (Джутай и соавт.) обращали особое внимание на то, что психопаты отличаются высокой активностью механизмов, обеспечивающих интенсивную и кратковременную мобилизацию ресурсов внимания для непосредственной обработки актуальной информации. Это отражается в кратковременном увеличении амплитуд и ЛП волн N2 и P300 в ситуациях выделения редких сигналов и, вообще, дифференциации сигналов [43].

Четких генерализованных нейроанатомических коррелятов психопатического поведения пока не найдено. Лааксо и соавт. выявили достоверные корреляции между степенью психопатии и билатеральными дефектами в задних участках гиппокампа [44]. Предполагают, что повреждения дорсального гиппокампа не позволяют приобрести опыт формирования условнорефлекторной реакции страха. Этот дефицит условнорефлекторных опасений и является основным негативным феноменом у психопатических лиц.

Де Оливейра-Соуза и соавт. обнаружили малую толщину (редукцию) серого вещества мозга во фронтально-орбитофронтальных и передних темпоральных областях коры, верхней височной извилине и инсулярной коре пациентов. Степень структурных отклонений была существенно связана с эмоционально-межличностными отклонениями, характерными для психопатии. Паттерн редукции серого вещества у пациентов с высоким уровнем психопатии захватывал широкие области фронтально-темпоральной коры, которые играют критическую роль в формировании моральной нормативности поведения [45].

Таким образом, к настоящему времени накоплен определенный объем фактического материала, касающегося электрографических (ЭЭГ, ССП, данные КИГ) и структурных (анатомоморфологические отклонения в ЦНС, прежде всего, в неокортексе, палеокортексе и гиппокампе) коррелятов такой черты личности, как агрессивность. Вместе с тем, эти сведения пока остаются явно фрагментарными. Это очевидно, поскольку рассматриваемые связи достаточно сложны, а индивидуальная вариативность используемых показателей весьма высока. Таким образом, полученные результаты при исследовании различных групп испытуемых могут быть неидентичными.

Это же замечание можно высказать и в отношении теоретических построений, пытающихся интерпретировать объективные (структурные и функциональные)

основы агрессивности. Кроме того, очевидно, что до настоящего времени основное внимание исследователей привлекали явные расстройства личностной сферы (психопатии, криминальное или близкое к нему поведение и т.д.); именно в пределах соответствующего контингента пытались найти объективные корреляты агрессивности. Лица же с отсутствием явных поведенческих отклонений (но, естественно, с различными уровнями агрессивности) пока в данном аспекте изучались явно недостаточно. Этот пробел мы попытались восполнить своими исследованиями, упомянутыми выше.

### ВЫВОД

Таким образом, несмотря на то, что к настоящему времени выявлен ряд нейробиологических маркеров, которые достоверно коррелируют с уровнем агрессивности, в проблеме агрессивности и агрессивного поведения остается масса открытых аспектов и направлений. Высокая актуальность подобных исследований в современном мире в подробных комментариях не нуждается.

### Список литературы

1. Patrick C.J. Psychophysiological correlates of aggression and violence: an integrative review / C.J. Patrick // *Philos. Trans. Ser. B.* – 2008. – Vol. 12, No. 363 (1503). – P. 2543-2555.
2. Scarpa A. Psychophysiology of anger and violent behavior / A. Scarpa, A. Raine // *Psychiatric Clinics of North America.* – 1997. – Vol. 20, No. 2. – P. 375-394.
3. Lorber M.F. Psychophysiology of aggression, psychopathy, and conduct problems: a meta-analysis / M.F. Lorber // *Psychological Bulletin.* – 2004. – Vol. 130, No. 4. – P. 531-552.
4. Observational, physiological, and self-report measures of children's anger: relations to reactive versus proactive aggression / J.A. Hubbard, C.M. Smithmyer, S.R. Ramsden [et al.] // *Child Development.* – 2002. – Vol. 73, No. 4. – P. 1101-1118.
5. Anxiety, antisocial behavior and heart rate regulation in adolescent males / E. Mezzacappa, R.E. Tremblay, D. Kindlon [et al.] // *J. Child Psychology and Psychiatry.* – 1997. – Vol. 38, No. 4. – P. 457-469.
6. Suls J. The relationship between trait hostility and cardiovascular reactivity: a quantitative review and analysis / J. Suls, C.K. Wan // *Psychophysiology.* – 1993. – Vol. 30, No. 6. – P. 615-626.
7. Smith T.W. Hostility and cardiovascular reactivity during marital interaction / T.W. Smith, L.C. Gallo // *Psychosomatic Medicine.* – 1999. – Vol. 61, No. 4. – P. 436-445.
8. Verona E. A direct assessment of the role of state and trait negative emotion in aggressive behavior / E. Verona, C.J. Patrick, A.R. Lang // *J. of Abnormal Psychology.* – 2002. – Vol. 111, No. 2. – P. 249-258.
9. Davidson R.J. Dysfunction in the neural circuitry of emotion regulation – a possible prelude to violence / R.J. Davidson, K.M. Putnam, C.L. Larson // *Science.* – 2000. – Vol. 289, No. 5479. – P. 591-594.
10. Patrick C.J. Emotion and psychopathy: startling new insights / C.J. Patrick // *Psychophysiology.* – 1994. – Vol. 31, No. 4. – P. 319-330.
11. Конарева И.Н. Показатели кардиоинтервалографии у лиц с разным уровнем агрессивности / И.Н. Конарева // *Ученые записки Таврического национального университета. Серия «Биология, химия».* – 2011. – Т. 24 (63), № 1. – С. 67-78.
12. Electroencephalography, computed tomography and violence ratings of male patients in a maximum-security mental hospital / M.T. Wong, J. Lumsden, G.W. Fenton, P.B. Fenwick // *Acta Psychiatrica Scandinavica.* – 1994. – Vol. 90, No. 2. – P. 97-101.
13. Егорова И.С. Электроэнцефалография / И.С. Егорова. – М.: Медицина, 1973. – 296 с.
14. Quantitative electroencephalographic measures in homicidal men with antisocial personality disorder / N. Lindberg, P. Tani, M. Virkkunen [et al.] // *J. Psychiat. Res.* – 2005. – Vol. 15, No. 136 (1). – P. 7-15.

15. Houston R.J. Electrophysiological substrates of impulsiveness: potential effects on aggressive behavior / R.J. Houston, M.S. Stanford // *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiat.* – 2005. – Vol. 29, No. 2. – P. 305-313.
16. Oscillatory brain activity related to control mechanisms during laboratory-induced reactive aggression / U.M. Krämer, R.P.J. Kopysciok, S. Richter, T.F. Münte // *Frontiers in Behavioral Neuroscience.* – 2009. – Vol. 3, No. 46. – doi: 10.3389/neuro.08.046.2009.
17. EEG as a predictor of antisocial behavior / S.A. Mednick, J. Volavka, W.F. Gabrielli, T.M. Itil // *Criminology.* – 1981. – Vol. 19, No. 2. – P. 219-230.
18. Finn P.R. Frontal EEG response to threat, aggressive traits and a family history of alcoholism: a preliminary study / P.R. Finn, S.E. Ramsey, M. Earleywine // *J. Studies Alcohol.* – 2000. – Vol. 61, No. 1. – P. 38-45.
19. Конарева И.Н. Связь между уровнем агрессивности личности и характеристиками частотных компонентов ЭЭГ / И.Н. Конарева // *Нейрофизиология / Neurophysiology.* – 2006. – Т. 38, № 5/6. – С. 448-457.
20. Конарева И.Н. Агрессивность личности и характеристики частотных компонентов текущей ЭЭГ / И.Н. Конарева. – Материалы международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки» (Гданьск, 28-30 ноября 2012 г.).
21. Создание системы дистанционного бесконтактного сканирования и идентификации психофизиологического состояния человека: [отчет о научно-исследовательской работе / под ред. В.А. Минкина]. – Москва: ООО «Элсис», 2006. – 275 с.
22. Конарева И.Н. Особенности когерентности ЭЭГ-активности в состоянии покоя у лиц с различным уровнем агрессивности / И.Н. Конарева // *Нейрофизиология / Neurophysiology.* – 2012. – Т. 44, № 2. – С. 169-177.
23. Raine A. Relationships between N1, P300, and contingent negative variation recorded at age 15 and criminal behaviour at age 24 / A. Raine, P.H. Venables, V. Williams // *Psychophysiology.* – 1990. – Vol. 27, No. 5. – P. 567-574.
24. Branchey M.H. P3 in alcoholics with disordered regulation of aggression / M.H. Branchey, L. Buydens-Branchey, C.S. Lieber // *Psychiatry Research.* – 1988. – Vol. 25, No. 1. – P. 49-58.
25. Donchin E. Is the P300 component a manifestation of context updating / E. Donchin, M.G.H. Coles // *Behav. Brain Sci.* – 1988. – Vol. 11, No. 3. – P. 357-374.
26. Bauer L.O. Frontal P300 decrements in antisocial personality disorder / L.O. Bauer, S. O'Connor, V.M. Hesselbrock // *Alcoholism: clinical and experimental research.* – 1994. – Vol. 18, No. 6. – P. 1300-1305.
27. Brain potentials implicate temporal lobe abnormalities in criminal psychopaths / K.A. Kiehl, A.T. Bates, K.R. Laurens [et al.] // *J. Abnormal Psychology.* – 2006. – Vol. 115, No. 3. – P. 443-453.
28. Premeditated aggression: clinical assessment and cognitive psychophysiology / M.S. Stanford, R.J. Houston, N.R. Villemarette-Pittman, K.W. Greve // *Personality and Individual Differences.* – 2003. – Vol. 34, No. 5. – P. 773-781.
29. P300 wave: a comparative study of impulsive aggressive criminals / I. Zukov, T. Hrubý, P. Kozelek [et al.] // *Neuro Endocrinology Letters.* – 2008. – Vol. 29, No. 3. – P. 379-84.
30. Genes mediate the association between P3 amplitude and externalizing disorders / B.M. Hicks, E. Bernat, S.M. Malone [et al.] // *Psychophysiology.* – 2007. – Vol. 44, No. 1. – P. 98-105.
31. Конарева И.Н. Связь между уровнем агрессивности личности и характеристиками связанных с событием ЭЭГ-потенциалов / И.Н. Конарева // *Нейрофизиология / Neurophysiology.* – 2007. – Т. 39, № 2. – С. 154-164.
32. Tonkonogy J.M. Violence and temporal lobe lesion: head CT and MRI data / J.M. Tonkonogy // *J. Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences.* – 1991. – Vol. 3, No. 2. – P. 189-196.
33. Blake P.Y. Neurologic abnormalities in murderers / P.Y. Blake, J.H. Pincus, C. Buckner // *Neurology.* – 1995. – Vol. 45, No. 9. – P. 1641-1647.
34. Brain SPECT findings and aggressiveness / D.G. Amen, M. Stubblefield, B. Carmicheal, R. Thisted // *Annals of Clinical Psychiatry.* – 1996. – Vol. 8, No. 3. – P. 129-137.
35. Raine A. Brain abnormalities in murderers indicated by positron emission tomography / A. Raine, M. Buchsbaum M., L. LaCasse // *Biological Psychiatry.* – 1997. – Vol. 42, No. 6. – P. 495-508.
36. Егоров А.Ю. Нейропсихология девиантного поведения / А.Ю. Егоров. – СПб.: Речь, 2006. – 224 с.

37. Blunted prefrontal cortical 18fluorodeoxyglucose positron emission tomography response to meta-chlorophenylpiperazine in impulsive aggression / A.S. New, E.A. Hazlett, M.S. Buchsbaum [et al.] // Archives of General Psychiatry. – 2002. – Vol. 59, No. 7. – P. 621-629.
38. de Boer S.F. 5-HT1A and 5-HT1B receptor agonists and aggression: a pharmacological challenge of the serotonin deficiency hypothesis / S.F. de Boer, J.M. Koolhaas // European J. Pharmacology. – 2005. – Vol. 526, No. 1/3. – P.125-139.
39. Neural correlates of imaginal aggressive behavior assessed by positron emission tomography in healthy subjects / P. Pietrini, M. Guazzelli, G. Basso [et al.] // American J. Psychiatry. – 2000. – Vol. 157, No. 11. – P. 1772-1781.
40. Developmental effects of aggressive behavior in male adolescents assessed with structural and functional brain imaging / M. Strenziok, F. Krueger, A. Heinecke [et al.] // Social Cognitive & Affective Neurosci. – 2011. – Vol. 6, No. 1. – P. 2-11.
41. Linking antisocial behavior, substance use, and personality: an integrative quantitative model of the adult externalizing spectrum / R.F. Krueger, K.E. Markon, C.J. Patrick [et al.] // J. Abnormal Psychology. – 2007. – Vol. 116, No. 4. – P. 645-666.
42. Кочубей Б.И. Психофизиология личности (физиологические подходы к изучению активного субъекта) // Итоги науки и техники. Сер. Физиология человека и животных. – М.: ВИНТИ, 1990. – Т. 40. – 160 с.
43. Jutai J.W. Psychopathy and event-related brain potentials (ERPs) associated with attention to speech stimuli / J.W. Jutai, R.D. Hare, J.F. Connolly // Person. Individ. Differen. – 1987. – Vol. 8, No. 2. – P. 175-184.
44. Psychopathy and the posterior hippocampus / M.P. Laakso, O. Vaurio, E. Koivisto [et al.] // Behavioural Brain Research. – 2001. – Vol. 118, No. 2. – P. 187-193.
45. Psychopathy as a disorder of the moral brain: fronto-temporo-limbic grey matter reductions demonstrated by voxel-based morphometry / R. de Oliveira-Souza, R.D. Hare, I.E. Bramati [et al.] // Neuroimage. – 2008. – Vol. 40, № 3. – P. 1202-1213.

**Конарева І.М. Електрографічні кореляти агресивності як властивості особистості (огляд) / І.М. Конарева** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 98-110.

В огляді проаналізовано літературні дані про нейробіологічний базис агресивності та агресивної поведінки, отримані з використанням методів об'єктивного дослідження (електроенцефалографії, кардіоінтервалографії, томографії та ін.). Як маркери високої агресивності розглядаються відносно низька фонові частота серцевих скорочень та підвищена вегетативна реактивність щодо погрожуючих стимулів, підвищена потужність повільнохвильових компонентів ЕЕГ при відносно низькій інтегральній потужності ЕЕГ-осциляцій, низька амплітуда потенціалу Р300, а також ознаки структурних та функціональних змін у фронтотимпальних та лімбічних регіонах мозку. Розглядається низка інтерпретаційних теорій природи агресивності та агресивної поведінки. Наведені дані доповнені власними результатами автора.

**Ключові слова:** агресивність, особистість, енцефалограма, пов'язані з подією ЕЕГ-потенціали, кардіоінтервалограма.

**Konareva I.N. Electrographic correlates of aggressiveness as a property of the personality (a review) / I.N. Konareva** // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 98-110.

In the review, literature data on the neurobiological basis of aggressiveness and aggressive behavior obtained using methods of objective examination (electroencephalography, cardiointervalography, tomography, and others). As markers of high aggressiveness, a relatively low background heart rate and increased autonomic responsiveness with respect to threatening stimuli, an increased power of slow-wave EEG components combined with relatively low integral power of EEG oscillations, a low amplitude of the P300 potential, and also manifestations of structural and functional changes in the frontocortical and limbic brain regions. A few theories on the nature of aggressiveness and aggressive behavior are described. These data are supplemented with own results obtained by the author.

**Keywords:** aggressiveness, personality, encephalogram, event-related EEG potentials, cardiointervalogram.

*Поступила в редакцію 20.11.2012 г.*

**УДК 591.471.24:613.168**

## **ВЛИЯНИЕ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФАКТОРОВ НА ИНФРАДИАННУЮ РИТМИКУ НОЦИЦЕПЦИИ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ**

*Костюк А.С.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: alexkostyuk@mail.ru*

Показано, что слабые электромагнитные факторы различной интенсивности изменяют инфрадианную ритмику параметров ноцицепции наземных моллюсков *Helix albescens*, что выражается в перестройке спектров мощности вариаций исследуемых показателей и амплитудно-фазовых взаимоотношений в спектрах. Длительное пребывание животных в условиях слабого электромагнитного экранирования приводит к рассогласованию ритмов, увеличению разности фаз между периодами, что свидетельствует о развитии десинхроноза. Дополнительное воздействие переменного магнитного поля частотой 8 Гц индукцией 50 нТл на моллюсков, находящихся в экранирующей камере, оказывает синхронизирующее влияние на многодневную ритмику параметров ноцицепции, уменьшая разность фаз между периодами и делая спектр выделяемых периодов близким к его составу, выявленному у интактных животных.

**Ключевые слова:** электромагнитное экранирование, переменное магнитное поле сверхнизкой частоты, инфрадианная ритмика, ноцицепция, моллюски.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из актуальных проблем экологической физиологии и биофизики является изучение временной организации биологических систем, которая является важной характеристикой состояния живой материи [1, 2]. Особое значение исследование этой проблемы имеет для изучения действия слабых электромагнитных факторов, которые могут выступать как датчики времени в широком диапазоне периодов [3, 4].

Известно, что роль электромагнитных сигналов в ритмической организации биологических систем может быть изучена в экспериментах с электромагнитным экранированием (ЭМЭ) [5-7], а также с активным воздействием переменного магнитного поля (ПеМП). Наибольший интерес в этом плане представляют ПеМП сверхнизкой частоты (СНЧ), интенсивность которых в естественных условиях наиболее высока по сравнению с интенсивностью поля других частотных диапазонов [8]. Важно также то, что ПеМП этого диапазона используется не только как датчик времени биологических ритмов [9, 10], но и как носитель прогностической информации о предстоящих землетрясениях [11, 12] и изменениях погоды [13, 14], а также как агент, ответственный за реализацию солнечно-земных связей [15, 16]. Изменения ритмики различных процессов под влиянием этих факторов изучены недостаточно.

Ранее нами было показано, что в условиях действия слабых электромагнитных факторов развиваются фазные изменения параметров ноцицепции моллюсков [17]. Однако совершенно не изучено их влияние на инфранианную периодичность этого показателя. Поэтому целью исследования явилось изучение влияния слабых электромагнитных факторов на инфранианную ритмику (ИР) параметров ноцицепции наземных моллюсков.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы наземные моллюски *Helix albescens*, применение которых соответствует всем этическим нормам [18], предъявляемым к научным экспериментам.

Животных содержали в светонепроницаемых стеклянных аквариумах при температуре  $22^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ , высокой влажности и избытке пищи. Для исследования отбирали половозрелых моллюсков, одинаковых по массе и размерам.

Для решения поставленных задач было проведено несколько повторных серий экспериментов. В каждой серии животных делили на пять равноценных групп по 20 особей. Моллюски первой группы составили контроль (К). Животных второй группы (ЭМЭ) каждый день помещали на 23 часа в экранирующую камеру на протяжении 21 дня. Моллюски третьей группы (ПеМП) ежедневно в течение трех часов подвергались воздействию ПеМП частотой 8 Гц. Четвертую группу (ПеМП+ЭМЭ) составили животные, которые находились в экранирующем объеме по 23 часа в сутки и дополнительно подвергались трехчасовому воздействию ПеМП КНЧ. Кроме того, присутствовала пятая группа моллюсков, которых подвергали «мнимому» воздействию ПеМП СНЧ («плацебо»).

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, подробные характеристики которой описаны в наших предыдущих работах [19].

ПеМП частотой 8 Гц и индукцией 50 нТл создавалось катушками Гельмгольца (диаметр 1 метр) и генератора ГРМ-3. Выбранная частота 8 Гц является фундаментальной частотой ионосферного волновода [20]. Величину магнитной индукции выбирали с таким учетом, чтоб она была значительно выше интенсивности естественного ПеМП на данной частоте. Это позволило уменьшить эффекты неконтролируемых электромагнитных воздействий, а вследствие широкого «амплитудного окна» на этой частоте [21, 22] распространить сделанные выводы на достаточно широкий диапазон интенсивностей ПеМП. Кроме того, учитывали, что для такой интенсивности поля физиологические эффекты надежно воспроизводятся [21]. В нашем исследовании применяли многократные ежедневные трехчасовые экспозиции ПеМП. Именно такова средняя продолжительность геомагнитных возмущений на данной частоте [8].

Подробное описание экспериментальной установки для определения параметров ноцицепции наземных моллюсков представлено в наших предыдущих работах [23].

Регистрацию показателей РИ проводили у каждого животного ежедневно в интервале 11:00-12:00 ч в течение 21 дня. Измерения параметров ноцицепции

проводились на свету. Таким образом, животные находились в условиях свет-темнота 1:23 ч.

Статистическую обработку и анализ материала проводили с помощью параметрических методов, целесообразность применения которых была показана проверкой полученных данных на закон нормального распределения. Для оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента. Оценивалась достоверность различий исследуемых показателей между группами ( $p_1$ ).

В качестве основного метода анализа продолжительности периодов и амплитудно-фазных характеристик ноцицепции использовали быстрое преобразование Фурье, обеспечивающее разложение временного ряда на конечное число элементарных периодических компонент, и программу косинор-анализа (решение систем линейных уравнений методом Крамера), дающие полное представление о структуре физиологических ритмов [24].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ ИР порога (П) и латентного периода (ЛП) у моллюсков контрольной группы выявил следующие периоды:  $\approx 2,42^d$ ;  $\approx 2,67^d$ ;  $\approx 3,37^d$ ;  $\approx 3,76^d$ ;  $\approx 6,40^d$  и  $\approx 9,14^d$ . Доминирующим ритмом в данном спектре являлся низкочастотный период продолжительностью  $\approx 9,14$  суток с амплитудой  $0,060 \pm 0,006$  усл.ед. (рис. 1). Экспоненциальная модель данных позволила выявить тенденцию к увеличению амплитуды с увеличением длины периода.

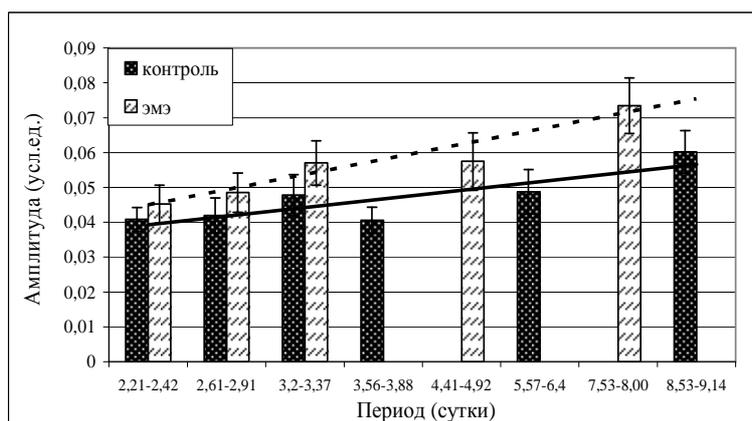


Рис. 1. Спектры периодов инфрадианных ритмов латентного периода ноцицептивной реакции у интактных моллюсков и у животных, находившихся в условиях экранирования.

Ритмы такой же или близкой продолжительности выявлены в деятельности различных физиологических систем позвоночных животных и человека на всех уровнях организации [25], а также в динамике болевого порога, определенного в тесте электростимуляции, у интактных крыс [26]. Многодневная ритмика описана и для скорости роста одноклеточной морской водоросли *Acatubularia mediterranea* [27], для многих изолированных клеток: миоцитов, энуклеированных клеток и т.д.

Изучение фазовых взаимоотношений параметров ноцицепции во всех выделенных периодах спектра ИР показал, что они достоверно не отличались друг от друга, что свидетельствовало о высокой степени синхронизации ритмов различной продолжительности (рис. 2). По-видимому, такое малое различие фаз является необходимым условием гомеостаза.

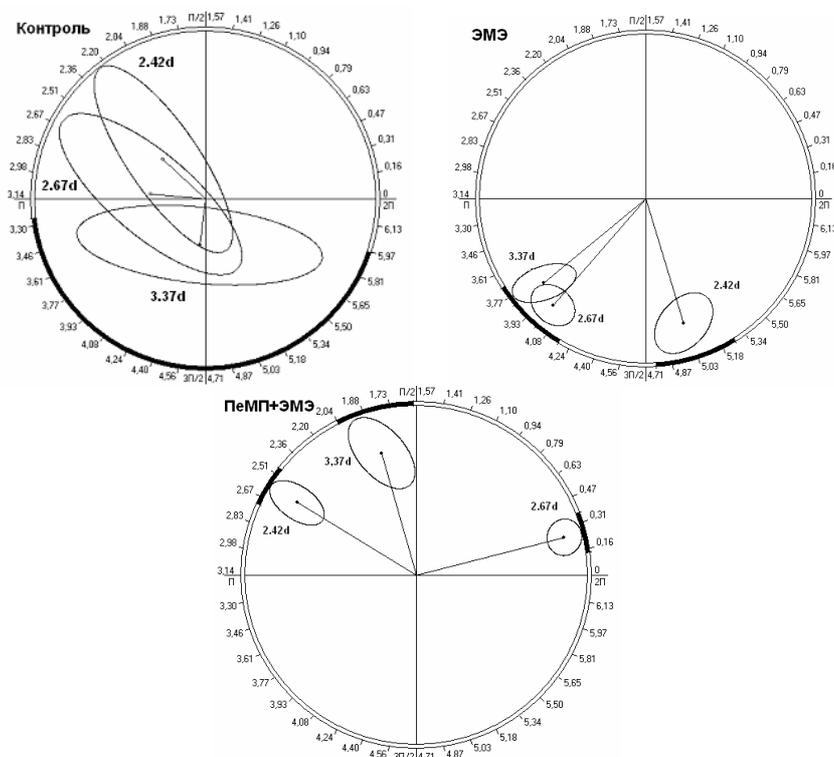


Рис. 2. Косинорограммы совпадающих периодов (радианы) латентного периода ноцицептивной реакции интактных моллюсков, животных, находящихся в условиях электромагнитного экранирования, а также моллюсков, дополнительно подвергнутых воздействию ПеМП СНЧ в экранирующей камере.

Таким образом, результаты наших исследований значительно дополняют литературные сведения о временной организации физиологических систем моллюсков данными об инфрадианной периодичности. В настоящее время у этих животных в деятельности различных систем обнаружены ритмы различной продолжительности: ультрадианные ритмы кардиоактивности и движения створок черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. с периодами 10, 25, 30 и 40 мин [28], циркадианная ритмика этих же показателей [29], ритмика локомоторной активности [30, 31]; синтеза мелатонина [32], активности ноцицептивной системы [33]. Описаны и ритмы более продолжительные – приливно-отливные ритмы открытия раковины *Mytilus edulis* [34], лунные – в ориентационных эффектах

животных [35], сезонные, а также 11-летний период в темпах роста раковин мидий Граяна, связанный с солнечной активностью [36].

Как свидетельствуют проведенные исследования, ЭМЭ вносило изменения в ИР параметров ноцицепции моллюсков, выражающиеся в сужении спектра выделяемых периодов. Спектральный анализ выявил набор инфраничных ритмов у животных, находившихся в экранирующей камере, состоящий из следующих периодов:  $\approx 2,21^d$ ;  $\approx 2,67^d$ ;  $\approx 3,37^d$ ;  $\approx 4,57^d$ ;  $\approx 7,53^d$  (рис. 1), т.е. не обнаруживались периоды продолжительностью  $\approx 3,76$ ;  $\approx 6,40$  и  $\approx 9,14$  суток, характерные для спектра интактных моллюсков, но появлялись новые ритмы  $\approx 4,57^d$  и  $\approx 7,53^d$ . Кроме того, во всех совпадающих периодах амплитуды при ЭМЭ превышали таковые у интактных моллюсков.

Проведение косинор-анализа выявило изменения фаз в сравниваемых группах во всех совпадающих периодах. Так, в периодах  $\approx 2,42^d$  и  $\approx 2,67^d$  фазы ЭМЭ запаздывали относительно фаз контроля на  $150^\circ$  и  $55^\circ$  соответственно, а в периоде  $\approx 3,37^d$  опережали фазы группы интактных животных на  $43^\circ$  (рис. 2).

Анализ фазовых соотношений между выделенными ритмами параметров ноцицепции в пределах одной группы моллюсков, находящихся в экранирующей камере, показал достоверные различия на  $57^\circ$  ( $p_1 < 0,05$ ) и  $67^\circ$  ( $p_1 < 0,05$ ) в периодах  $\approx 2,67^d$  и  $\approx 3,37^d$  соответственно относительно периода продолжительностью  $\approx 2,42$  суток (рис. 2). Следовательно, длительное пребывание моллюсков в условиях слабого ЭМЭ приводит к рассогласованию ритмов, т.е. развитию десинхроноза.

Другими авторами подобное явление обнаружено для ритмики других диапазонов. Так, двухнедельное пребывание инбредных мышей в гипомагнитной камере, ослабляющей постоянное МП Земли в  $10^4$  раз, вызывает выраженный десинхроноз циркадианных ритмов лимфоидной системы [37], а R. Wever [38] выявил изменения циркадианного ритма кардиореспираторной системы у добровольцев, находившихся в экранирующем бункере.

Обнаруженные нами изменения ИР могут быть связаны с ослаблением внешних датчиков времени, обусловленным экранированием.

Анализ результатов настоящего исследования показал, что ежедневная трехчасовая экспозиция моллюсков в ПеМП СНЧ также вызывает изменения ИР параметров ноцицепции.

Сопоставление ИР показателей ноцицепции у интактных моллюсков и животных, подвергнутых трехчасовому воздействию ПеМП частотой 8 Гц, позволило выявить следующие особенности. Количество выделяемых периодов у моллюсков при действии ПеМП было меньшим, чем в контрольной группе. Спектр периодов характеризовался отсутствием периода  $\approx 2,67^d$  и  $\approx 6,14^d$ , однако отмечено появление нового ритма  $\approx 4,41^d$ , не характерного для спектра интактных моллюсков.

Следует подчеркнуть, что с увеличением периода амплитуды ритмов группы моллюсков, подвергнутых воздействию ПеМП СНЧ, возрастали, достигая максимального значения в доминирующем ритме  $\approx 8,53^d$ , когда амплитуда была равна  $0,073 \pm 0,009$  усл.ед. В периоде  $\approx 3,88$  суток выявлено достоверное повышение амплитуды на 34,15% ( $p_1 < 0,05$ ) относительно интактной группы моллюсков (рис. 3). Таким образом, ПеМП частотой 8 Гц вызывает развитие десинхроноза.

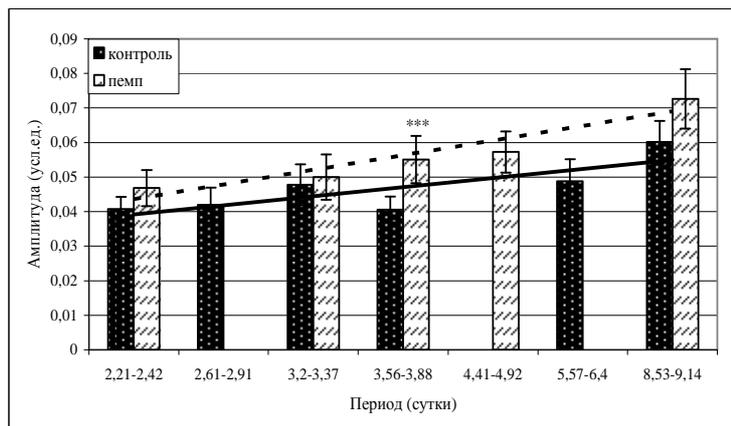


Рис. 3. Спектры периодов инфрадианных ритмов латентного периода ноцицептивной реакции у интактных моллюсков и у животных при воздействии переменного магнитного поля.

Примечание: \* – достоверность различий между группами: \*\*\* – ( $p < 0,05$ ).

В ходе исследования был проведен спектральный анализ П и ЛП РИ у моллюсков при «мнимом» воздействии ПеМП СНЧ («плацебо») для выяснения более точной оценки влияния слабых ПеМП на временную организацию моллюсков при термической стимуляции. При «мнимом» воздействии не было выявлено изменений структуры спектров. Они отличались от спектра интактной группы моллюсков.

Как свидетельствуют данные литературы, ПеМП частотой 8 Гц существенно влияют на параметры внутрисуточной и многодневной ритмики многих физиологических процессов у мышей и крыс [39], а также в зависимости от физиологического состояния организма может оказывать синхронизирующее или десинхронизирующее действие [40], поддерживая в состоянии готовности защитные резервы организма, его адаптационные способности.

Воздействие слабых ПеМП на моллюсков, находящихся в экранирующем объеме, также приводило к изменению ритмических процессов ноцицепции. Число спектров выделяемых у животных данной группы совпадало с таковым у интактных животных, однако, вместо выявляемого ритма  $\approx 9,14^d$  в контрольной группе, обнаруживался восьмисуточный период. Амплитуды ритмов в спектрах исследуемых показателей имели тенденцию к повышению с увеличением длины периодов, колеблясь от 0,042 до 0,090 усл.ед. Исключение составил период  $\approx 3,88^d$ , когда амплитуда в группе ПеМП+ЭМЭ была больше на 39,02% ( $p_1 < 0,05$ ) значений интактной группы моллюсков.

Сравнительный анализ ритмических процессов показателей ноцицепции моллюсков при действии ЭМЭ и животных, которые были помещены в экранирующий объем и одновременно подвергались воздействию слабых ПеМП СНЧ, показал, что при комбинированном действии факторов изменения ИР носили несколько другой характер. Спектры исследуемых показателей у животных экспериментальных групп различались тремя периодами: в группе

ПеМП+ЭМЭ отсутствовал период  $\approx 4,57^d$ , характерный для моллюсков при экранировании, но выявлялись два новых периода  $\approx 3,88^d$  и  $\approx 5,57^d$  (рис. 4).

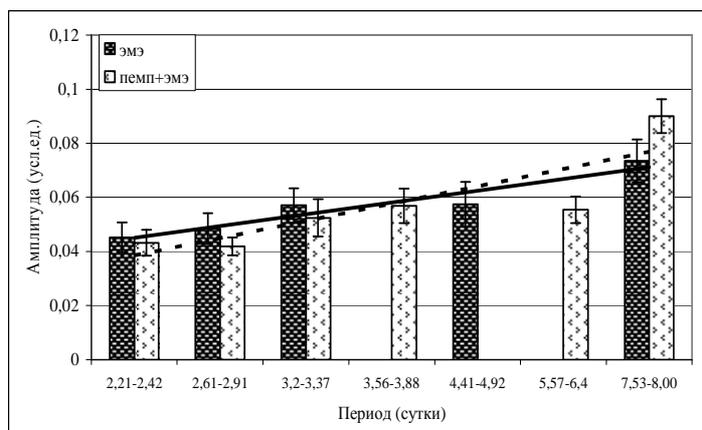


Рис. 4. Спектры периодов инфрадианных ритмов латентного периода ноцицептивной реакции моллюсков при действии электромагнитного экранирования, а также при воздействии переменного магнитного поля на животных, находившихся в условиях экранирования (ПеМП+ЭМЭ).

Кроме того, фаза периода  $\approx 2,42^d$  практически нормализовалась при комбинированном действии факторов. Так, разность фаз данного периода между группой ПеМП+ЭМЭ и интактными моллюсками составила  $13^\circ$ , тогда как по сравнению с ЭМЭ фазовый сдвиг был  $138^\circ$  (рис. 2). Фаза периода  $\approx 2,67^d$  при совместном влиянии слабого экранирования и ПеМП 8 Гц сдвинулась несколько меньше: на  $160^\circ$  и  $214^\circ$  относительно контроля и ЭМЭ соответственно, т.е. рассогласование ритмов было выражено меньше. Следовательно, дополнительное воздействие на моллюсков ПеМП частотой 8 Гц, находящихся в условиях слабого экранирования, корректирует изменения ИР, вызванные ЭМЭ.

Слабое воздействие ПеМП СНЧ оказывает, вероятно, синхронизирующее влияние на моллюсков, подвергнутых экранированию, делая спектр выделяемых периодов близким к составу периодов, выявленному у интактных моллюсков.

Таким образом, характер влияния ПеМП на ИР существенно зависит от исходного состояния организма. Если ПеМП действует на животных, у которых имеет место десинхронизация любого генеза, наблюдается восстановление исходной временной организации системы, при этом слабые МП выступают в роли внешнего синхронизирующего фактора. Так, у крыс с гипокинетическим стрессом, сопровождающимся развитием десинхронизации, нормализация ИР симпатoadренальной системы наблюдалась уже после однократных воздействий ПеМП частотой 8 Гц [41]. Такие же результаты получены при исследовании влияния ПеМП на эпифизэктомированных крыс [42].

Эти данные находятся в полном соответствии с результатами R. Wever, F.S. Prato, которые успешно применили низкочастотные ПеМП для коррекции

различных экранообусловленных расстройств [43, 44]. Так, F.S. Prato et al. (2009) добились нормализации ноцицептивной чувствительности животных, находившихся в экране, применением ПеМП частотой 120 Гц [44]. R. Wever (1973) нормализовал циркадианный ритм ряда физиологических показателей у добровольцев, находящихся в экранирующем бункере, дополнительным воздействием на них ПеМП частотой 10 Гц [43].

Таким образом, полученные нами экспериментальные данные дополняют сведения литературы о способности слабых электромагнитных факторов различной интенсивности изменять параметры ИР ноцицепции моллюсков.

### ВЫВОДЫ

1. Изменения ИР параметров ноцицепции наземных моллюсков *Helix albescens* под влиянием слабых электромагнитных факторов различной интенсивности заключается в перестройке структуры спектров, амплитудно-фазовых взаимоотношений.
2. Длительное пребывание животных в условиях слабого ЭМЭ, а также трехчасовое воздействие ПеМП СНЧ на моллюсков приводит к рассогласованию ритмов, т.е. развитию десинхроноза.
3. Дополнительное воздействие ПеМП СНЧ на моллюсков, находящихся в экранирующей камере, оказывает синхронизирующее влияние на ИР параметров ноцицепции, повышая согласованность ритмов и делая спектр выделяемых периодов близким к его составу, выявленному у интактных животных.

### Список литературы

1. Агаджанян Н.А. Биоритмы, спорт, здоровье / Н.А. Агаджанян, Н.Н. Шабатура – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 208 с.
2. Ашофф Ю. Биологические ритмы / Ашофф Ю. – М.: Мир, 1984. – Т. 1. – 176 с.
3. Космос и биологические ритмы / [Владимирский Б.М., Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А. и др.] – Симферополь, 1995. – 206 с.
4. Владимирский Б.М. Космические ритмы: в магнитосфере-ионосфере, в атмосфере, в среде обитания; в биосфере-ноосфере, в земной коре / Владимирский Б.М., Нарманский В.Я., Темурьянц Н.А. – Симферополь, 1994. – 173 с.
5. Asashima M. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Cynops pyrrhogaster* / M. Asashima, K. Shimada, C.J. Pfeiffer // *Bioelectromagnetics*. – 1991. – Vol. 12 (4). – P. 215–224.
6. Копанев В.И. О биологическом действии на организм гипогеомагнитной среды / В.И. Копанев, Г.Д. Ефименко, А.В. Шакула // *Известия АН СССР серии биология*. – 1979. – № 3. – С. 342–353.
7. Volpe P. Interaction of zero-frequency and oscillating magnetic fields with biostructures and biosystems / P. Volpe // *Photochemistry and Photobiology*. – 2003. – Vol. 2. – P. 637–648.
8. Polk G. Resonances of ears ionosphere cavity – extremely low frequency reception at Kingston / G. Polk, F. Fitchen, W.O. Schumann // *Radio Propagation*. – 1962. – Vol. 3 (66). – P. 313.
9. Владимирский Б.М. Солнечно-земные связи в биологии и явление «захвата» частоты / Б.М. Владимирский // *Проблемы космич. биологии*. – 1982. – Т. 43. – С. 166–173.
10. Деряпа П.Р. Проблемы медицинской биоритмологии / Деряпа П.Р., Мошкин Н.П., Посный В.С. – М.: Медицина, 1985. – 208 с.
11. Рикитаки Т. Предсказание землетрясений / Т. Рикитаки. – М.: Мир, 1979. – 338 с.

12. Гогатишвили Л.М. Геомагнитные предшественники интенсивных землетрясений в спектре геомагнитных пульсаций / Л.М. Гогатишвили // Геомагнетизм и аэрономия. – 1984. Т. 24, № 4. – С. 697–700.
13. Reiter R. Meteorologie und Elektrizität der Atmosphäre / R. Reiter. – Leipzig.: Akad. Verl., 1960. – 383 s.
14. Бокша В.Т. Медицинская климатология и климатотерапия / В.Т. Бокша, Б.В. Богущая. – Киев: Здоровье, 1980. – 260 с.
15. Владимирский Б.М. О возможных факторах солнечной активности влияющих на процессы в биосфере / Б.М. Владимирский // Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. – М.: Наука, 1971. – С. 126–141.
16. Космическая экология / В.Г. Сидякин, Н.А. Темуриянц, В.Б. Макеев, Б.М. Владимирский. – К: Наукова думка, 1985. – 176 с.
17. Костюк А.С. Динамика болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* при действии низкоинтенсивных электромагнитных излучений крайних частотных диапазонов / А.С. Костюк, К.Н. Туманянц // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62), №2. – С. 116–122.
18. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях. Страсбург, 18 марта 1986 г., глава III, статья 6.
19. Темуриянц Н.А. Особенности регенерации планарий *Dugesia tigrina* и ноцицепции моллюсков *Helix albescens* в условиях слабого электромагнитного экранирования / Н.А. Темуриянц, Н.А. Демцун, А.С. Костюк, Н.С. Ярмолюк // ГПиБ – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 66-80.
20. Schumann W.O. Über die Dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphäre / W.O. Schumann // Naturwissenschaft. – 1982. – Vol. 7a. – P. 250–254.
21. Темуриянц Н.А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире / Темуриянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г.. – Киев: Наукова думка, 1992. – 187 с.
22. Макеев В.Б. Исследование частотной зависимости биологической эффективности магнитного поля в диапазоне геомагнитного поля (0,01-100 Гц) / В.Б. Макеев, Н.А. Темуриянц // Пробл. космич. биологии. – 1982. – Т. 43. – С. 116–128.
23. Патент 48094 Україна, МПК51 А 01 К 61/00. Пристрій реєстрації параметрів больової чутливості наземних молосків / Темуриянц Н.А., Вишневський В.Г., Костюк О.С., Макеев В.Б.; заявник та патентовласник Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського. – № U 200908538; заявл. 13.08.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. №5.
24. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И.П. – Новосибирск: Наука, 1976. – 127 с.
25. Шабатура Н.Н. Механизм происхождения инфраничных биологических ритмов / Н. Н. Шабатура // Успехи физиологических наук. – 1989. – Т. 20. – № 3. – С. 83-103.
26. Чуюн Е.Н. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуюн, Э.Р. Джелдубаева // Монография. – Симферополь: "Диайпи". – 2006. – 458 с.
27. Schweiger H.G. Evidence for a circaseptan and a circasemiseptan growth response to light/dark cycle shifts in nucleated and enucleated *Acetabularia* cells, respectively / H.G. Schweiger, S. Berger, H. Kretschmer // Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Cell Biology. – 1983. – Vol. 83. – P. 8619-8623.
28. Ультраничные ритмы кардиоактивности и движения створок черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. / С.В. Холодкевич, Т.В. Кузнецова, А.В. Иванов [и др.] // Доповіді Національної академії наук України. – 2009. – № 8. – С. 163–167.
29. Циркадный ритм в движении створок и кардиоактивности двустворчатых моллюсков – существенные характеристики при оценке функционального состояния организмов / Т.В. Кузнецова, В.В. Трусевич, А.С. Куракин [и др.] // Всероссийская конференция с международным участием, посвященная 85-летию со дня основания Института физиологии им. И.П. Павлова РАН, 7-9 декабря, 2010 г. : сборник докл. – Санкт-Петербург-Колтуши, 2010. – С. 156.
30. Circadian oscillators and photoreceptors in the gastropod, *Aplysia* / M.E. Lickey, G.D. Block, D.J. Hudson [et al.] // Photochemistry and Photobiology. – 1976. – Vol. 23. – P. 253–273.
31. Zann L.P. Relationships between intertidal zonation and circatidal rhythmicity in littoral gastropods / L.P. Zann // Marine Biology. – 1973. – Vol. 18. – P. 243–250.

32. Melatonin 5- methoxytryptophol (5-ML) in nervous and / or neurosensory structures of a gastropod mollusc (*Helix aspersa* maxima): synthesis and diurnal rhythms / A. Blanc, B. Vivien Roels, P. Pevet [et al.] // General and comparative endocrinology. – 2003. – Vol. 131, I.2. – P. 168–175.
33. Kavaliers M. Day–night rhythms of opioid and non-opioid stress-induced analgesia: differential inhibitory effects of exposure to magnetic fields / M. Kavaliers, K.P. Ossenkopp // Pain. – 1988a. – Vol. 32. – P. 223–229.
34. Rao K.P. Tidal rhythmicity of rate of water propulsion in *Mytilus* and its modifiability by transplantation / K.P. Rao // Biological Bulletin. – 1954. – Vol. 106. – P. 353–359.
35. Brown F.A. A «compass – direction effect» for snails in constant conditions, and its lunar modulation / F. Brown, N.M. Webb // Biol. Bull. – 1960. – Vol. 119. – P. 307.
36. Золотарев В.Н. Многолетние ритмы роста раковин мидии Граяна / В.Н.Золотарев // Экология. – 1974. – № 3. – С. 76–80.
37. Бородин Ю.И. Реакция циркадианных ритмов лимфоидной системы на глубокое экранирование от геомагнитного поля Земли / Ю.И. Бородин, А.Ю. Летягин // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 1990. – №2. – С. 191–193.
38. Wever R.A. The circadian system of man: Results of experiments under temporal isolation / R.A. Wever // New-York: Springer, 1979. – 276 p.
39. Мартынюк В.С. Внутрисуточные гео- и гелиофизически значимые периоды в интегральном ритме двигательной активности животных / В.С. Мартынюк // Биофизика. – 1998. – Т. 43, № 5. – С. 789–796.
40. Григорьев П.Е. О связи активности дегидрогеназ с гелиогеофизическими факторами / П.Е. Григорьев, В.С. Мартынюк, Н.А. Темуриянец // Геофизические процессы и биосфера. – 2005. – Т. 4, № 1/2. – С. 71–75.
41. Темуриянец Н.А. Влияние слабых ПемП КНЧ на инфрадианную ритмику симпатoadреаловой системы крыс / Н.А. Темуриянец, В.В. Макеев, В.Н. Малыгина // Биофизика. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 653–655.
42. Шехоткин А.В. Влияние переменного магнитного поля сверхнизкой частоты на инфрадианную ритмику количественных и функциональных характеристик лейкоцитов крови у интактных и эпифизэктомированных крыс : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13. «Физиология человека и животных» / А.В. Шехоткин – Симферополь, 1995. – 25 с.
43. Wever R.A. Human circadian rhythms under the influence of weak electric fields and the different aspects of these studies / R.A. Wever // Int. J. Biometeorol. – 1973. – Vol. 17, No. 3. – P. 227–232.
44. Introduction of a sinusoidal magnetic field into a hypogeomagnetic environment: effect on nociceptive behavior in CD-1 mice / F.S. Prato, D. Desjardins-Holmes, J.A. Robertson [et al.] // Annual Meeting of The Bioelectromagnetics Society and the European BioElectromagnetics Association, June 14–19, 2009 – Davos, Switzerland, 2009. – P. 12–5.

**Костюк О.С. Вплив слабких електромагнітних факторів на інфрадіанну ритміку ноціцепції наземних молюсків / О.С. Костюк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 111-121.**

Показано, що слабкі електромагнітні фактори різної інтенсивності змінюють інфрадіанну ритміку параметрів ноціцепції наземних молюсків *Helix albescens*, що виражається в перебудові спектрів потужності варіацій досліджуваних показників і амплітудно-фазових взаємин у спектрах. Тривале перебування тварин в умовах слабого електромагнітного екранування призводить до неузгодженості ритмів, збільшення різниці фаз між періодами, що свідчить про розвиток десинхронозу. Додатковий вплив змінного магнітного поля частотою 8 Гц індукцією 50 нТл на молюсків, що знаходяться в екрануючій камері, надає синхронізуючий вплив на багатоденну ритміку параметрів ноціцепції, зменшуючи різницю фаз між періодами і роблячи спектр періодів близьким до його складу, виявленому у інтактних тварин.

**Ключові слова:** електромагнітне екранування, змінне магнітне поле наднизької частоти, інфрадіанна ритміка, ноціцепція, молюски.

**Kostyuk A.S. Influence of weak electromagnetic factors on infradian rhythmicity of nociception of land snail / A.S. Kostyuk // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 111-121.**

It was shown that weak electromagnetic factors of varying intensity change infradian rhythmicity parameters of nociception of land snail *Helix albescens*, which was reflected in the restructuring of the power spectrum of variations of indices and amplitude-phase relations in the spectra. The weak long-term electromagnetic shielding of animals leads to a mismatch of rhythms, increase the phase difference between the periods, indicating the development of desynchronization. Additional exposure to a variable magnetic field 8 Hz induction 50 nT on snails in the shielding chamber, has a synchronizing effect on the parameters of multi-day rhythmicity of nociception, reducing the phase difference between the periods and by making spectrum allocation periods close to its composition, found in intact animals.

**Keywords:** electromagnetic shielding, variable magnetic field of low frequency, infradian rhythmicity, nociception, snails.

*Поступила в редакцию 13.11.2012 г.*

**УДК 612.119 + 612.017.1 + 612.014.482**

## **ВІДНОВЛЕННЯ ДОБОВОГО РИТМУ ПОКАЗНИКІВ КРОВОТВОРЕННЯ Й ІМУНІТЕТУ ПІСЛЯ РАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ**

*Кузьменко О.В.*

*Державна Установа «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України»,  
Харків, Україна  
E-mail: kuzmenko@meta.ua*

Виявлено вплив типу реагування досліджуваних показників гемопоезу експериментальних тварин на тривалість пострадіаційного відновлення добових ритмів системи кровотворення: гіперреактивні тварини мали більш високий ступінь панцитопенії в порівнянні з гіпореактивними. Було показано, що дія іонізуючої радіації в сублетальній дозі (4,0 Гр) по-різному впливає на зміну добових ритмів системи гемопоезу залежно від часу доби опромінення й реактивності тварин: ушкоджуюча дія радіації на лімфопоез у гіпореактивних щурів, опромінених о 20:00, була мінімальною. Оцінка досліджуваних показників імунітету щурів різних типів реагування, опромінених у різний час доби, показала глибоку депресію системи імунітету у гіперреактивних тварин, опромінених о 8:00, у порівнянні з гіпореактивними, опроміненими о 20:00. Встановлено залежність радіочутливості щурів в експерименті від типу їх реакції на психоемоційний стресовий вплив.

**Ключові слова:** добові ритми, рентгенівське випромінювання, система кровотворення, система імунітету, індивідуальна радіочутливість.

### **ВСТУП**

Розвиток сучасних технологій супроводжується застосуванням іонізуючих випромінювань в медицині, біології та промисловості, що зумовлює потребу розробки методів мінімізації їх негативних наслідків. Тому поглиблені різносторонні радіобіологічні дослідження, зокрема в галузі радіаційної медицини та біології, є актуальними. Визначення групової та індивідуальної радіочутливості організму є одним з першочергових завдань радіобіології. Реакції організму у відповідь на пошкоджуючу дію радіаційного фактора не супроводжуються автономними змінами фізіологічних параметрів та функцій, а є взаємообумовленою інтегральною відповіддю різноманітних функціональних систем [1–4]. Серед яких істотну роль відіграють кровотворна та імунна системи [5, 6]. Складні нейроендокринні зміни, що характеризують реактивність організму з дії стрес-факторів, відображують зміни морфологічного складу крові [7–10] та імунореактивності, і проявляються в перерозподілі імунокомпетентних клітин, активації аутоімунних процесів та фазних змін функціональної активності макрофагово-фагоцитарної ланки імунітету [11, 12].

Значний науковий та практичний інтерес пов'язаний з питанням ритмічної організації різноманітних процесів в організмі як в нормі, так і при патології. Оскільки в біоритмологічному аспекті здоров'я є оптимальним співвідношенням

взаємозалежних ритмів фізіологічних функцій організму та їхньою відповіддю закономірним ритмічним змінам умов довкілля, аналізом зміни цих ритмів та їх неузгодженості допомагає глибше зрозуміти механізми виникнення й розвитку патологічних процесів [13, 14].

Відомо, що фізіологічні реакції організму підпорядковані ритмічній організації основних систем гомеостазу. Тому, одним із шляхів дослідження реакції організму на вплив екзогенних факторів радіаційної природи, може бути здійснене з урахуванням часового аспекту, тобто добового ритму взаємодії й взаємозумовленості системи гомеостазу організму [15, 16]. У медико-біологічних дослідженнях все більшого поширення набуває біоритмологічний підхід, на основі якого визначається чутливість показників гомеостазу за дії пошкоджувальних чинників. За сучасними уявленнями відповідь гомеостатичних систем на екстремальний вплив значною мірою детермінована індивідуальною реактивністю організмів. Вирішення цієї проблеми потребує розробки нових експериментальних підходів [17, 18].

Сьогодні не викликає сумнівів той факт, що в умовах стресу відбувається фазна зміна показників гомеостазу [19]. Дані про вплив стресового фактора на імунологічні показники різних за реактивністю тварин нечисленні й не дозволяють отримати чітке уявлення про відповідну реакцію гомеостатичних систем на зміну стану організму [20]. Вивчення механізмів розвитку реакцій гомеостатичних систем на зовнішній подразник (стресор) в залежності від її вихідного стану може відкрити перспективи цілеспрямованого впливу на дані системи, а також прогнозувати результат дії стресового фактора залежно від вихідного стану лімфоендокринних взаємодій [21, 22]. Однак залежність стосовно реакцій організму у відповідь на подразники, у тому числі, й іонізуюче випромінювання, не завжди очевидна [23].

Проблема регуляції гемопоєзу та імунної відповіді, за екстремального впливу вважається однією з актуальних у сучасній медицині. При цьому найважливішим є експериментальне обґрунтування механізмів, що обумовлює варіабельність відповіді на екстремальні фактори, у тому числі іонізуюче випромінювання, кровотворної та імунної систем з використанням біоритмологічного підходу для визначення оптимальних часових схем корекції ятрогенних ускладнень [24, 25].

Метою роботи є з'ясування динаміки післярадіаційного відновлення добових ритмів функціонування систем кровотворення й імунітету відмінних за реактивністю експериментальних тварин (щурів) для оцінки групової та індивідуальної радіочутливості.

## **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

Дослідження проведено на 184 білих безпородних щурах-самцях тримісячного віку, масою 180 – 220 г. Тварин утримували в стандартних умовах віварію при стандартному світловому та харчовому режимах (вода та їжа *ad libitum*). Дослідження проводили відповідно до національних „Загальних етичних принципів проведення експериментів на тваринах” (Україна, 2001), що узгоджується з положенням „Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей ” (Страсбург,

1986). Циркадні ритми вивчали протягом доби о 6:00, 12:00, 18:00, 24:00 та о 6:00 наступної доби. Характеристика 24-годинного (циркадного) ритму була відображена: мезором (середня величина погодженого ритму показників, що вивчаються), амплітудою (половинна різниця між мінімумом і максимумом відповідної Cosinus функції), та акрофазою (час максимуму від 24:00 годин, як відбиття функції). Такий підхід дозволяє схарактеризувати ритмічність процесу і визначити його значущість. Ритм є значущим, якщо амплітуда коливань відрізняється від нуля [26].

За два тижні до опромінення тварин піддавали стрес-впливу (імобілізація). Для формування стійкого психоемоційного-стресового стану використовували модель імобілізаційного стресу. Тварин прив'язували за лапи до дерев'яної основи 26x15 см у положенні на животі. Щури знаходилися в умовах моделі протягом 3-х годин. Перед імобілізацією та відразу після цієї процедури у тварин визначали вміст лімфоцитів та нейтрофілів в периферичній крові за допомогою гематологічного аналізатора, та обчислювали коефіцієнт їх співвідношення (л/н). За ступенем змін коефіцієнту л/н після імобілізації відносно вихідного значення щурів розподілили на групи – гіперреактивні та гіпореактивні.

Тварин разово тотально опромінювали о 8:00 (група I – гіперреактивні, група III – гіпореактивні тварини) та о 20:00 (група II – гіперреактивні, група IV – гіпореактивні тварини) у дозі 4,0 Гр на рентгенівському апараті РУМ-17 при напрузі 190 кВ, силі струму 10 мА, фільтрах 0,5мм Cu + 1 мм Al. Потужність поглинутої дози 0,216 Гр/хв, шкірно-фокусна відстань становила 15 см.

Показники систем кровотворення та імунітету вивчали прижиттєво на 3, 7, 14, 21, 30-ту добу після разового опромінення.

Кров відбирали з хвостової вени. Проведені гематологічні (визначення вмісту еритроцитів, гемоглобіну, лейкоцитів, лімфоцитів та нейтрофілів у периферичній крові; визначення клітинності кісткового мозку) та імунологічні (визначення фагоцитарної активності нейтрофілів периферичної крові, вмісту імуноглобуліну класу Ig G та циркулюючих імунних комплексів у периферичній крові) методи дослідження, а також методи математичної статистики та метод математичного аналізу "Косинор" для оцінки біологічних ритмів [27, 28].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

**Стан кровотворної системи щурів, які піддалися стресу, після опромінення.** Реактивність експериментальних тварин оцінювали за величиною коефіцієнту відношення вмісту лімфоцитів до нейтрофілів, вираженому у відсотках для кожної тварини до та після стресу [29]. Вихідне значення коефіцієнту л/н до імобілізації в середньому за вибіркою складало  $2,30 \pm 0,09$ . За змінами коефіцієнту л/н після імобілізації щурів розподілили на: гіперреактивних (л/н  $< 2,30 \pm 0,09$ ) і гіпореактивних (після імобілізації л/н  $> 2,30 \pm 0,09$ ). Середнє значення даного коефіцієнту л/н у гіпер- (групи I, II) і гіпореактивних (групи III, IV) тварин, відповідно, дорівнювали  $0,47 \pm 0,01$  і  $1,02 \pm 0,08$  (відмінності між групами вірогідні;  $P < 0,01$ ).

**ВІДНОВЛЕННЯ ДОБОВОГО РИТМУ ПОКАЗНИКІВ КРОВОТВОРЕННЯ...**

Кількісне співвідношення тварин складало: гіперреактивні щури – 16 %, гіпореактивні – 30 %, нормореактивні – 54 %.

Згідно з даними [3, 7], найбільшу радіорезистентність мають нормореактивні тварини. Тому, в роботі ці тварини не використовувались.

Тварин з різною реактивністю опромінювали у дозі 4,0 Гр у двох часових точках о 8:00 та о 20:00. Проведені дослідження показали, що час опромінення істотно впливає на характер післярадіаційного відновлення системи кровотворення у тварин з різною реакцією на стрес.

У досліджених групах тварин на 3-тю добу загальний вміст лейкоцитів (рис.2) знижувався більш ніж на 75% порівняно з вихідним рівнем. На 7-му добу спостерігали короточасне підвищення вмісту цих клітин, яке залишалось нижчим порівняно з контрольними значеннями. Причому навіть на 30-ту добу не було зареєстровано повного відновлення рівня клітин до вихідних величин. Виняток складала гіпореактивні тварини, опромінені о 20:00 (група IV).

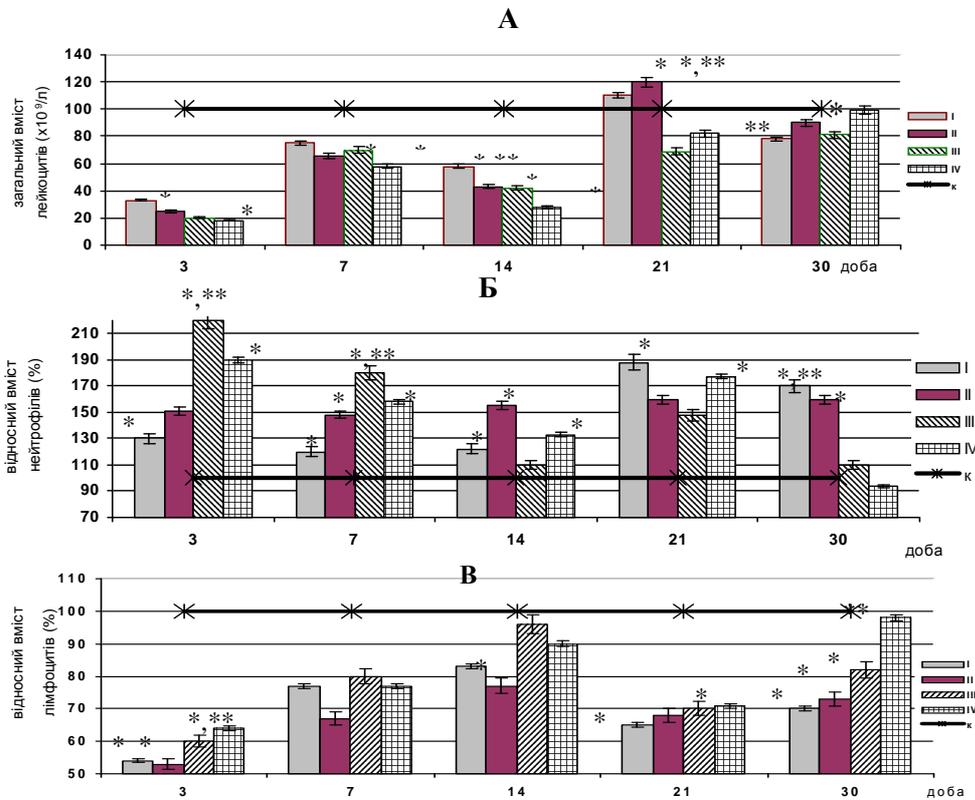


Рис. 2. Післярадіаційна динаміка кількості клітин периферичної крові гіпо- та гіперреактивних тварин: А – загальна кількість лейкоцитів (x 10<sup>9</sup>/л), Б – кількість нейтрофілів (%), В – кількість лімфоцитів (%), контроль – до іммобілізації, \* – P<0,05 – відносно контролю, \*\* – P ≤ 0,05 – між показниками груп (I, III) та (II, IV)

Відносний вміст лімфоцитів у тварин I та II груп на 3-тю добу був нижчим порівняно з показниками, зареєстрованими у щурів III та IV груп і значно відрізнявся від контрольних значень. Відносний вміст нейтрофілів у тварин III та IV груп був вдвічі вищим за вихідний рівень, як у тварин I та II груп. На 14-ту добу спостерігали короточасне, найбільш виражене зростання відносного вмісту лімфоцитів та зниження відносного вмісту нейтрофілів.

Однак, на 30-ту добу не відбувалося повного відновлення кількості клітин (лімфоцитів та нейтрофілів) до контрольного рівня, за винятком тварин IV групи (рис.2).

Наявність короточасного підвищення в периферичній крові відносного вмісту лімфоцитів (більше як на 85 %), при загальному опромінюванні щурів, є відображенням процесів післяпроменевої регенерації різних ростків кісткового мозку. В механізмі утворення лімфоїдного піку (на 14 добу після опромінення) мають значення два процеси – розмноження та міграція клітин. Саме міграція може обумовлювати подальше (після 14 діб) зниження лімфоцитів, оскільки периферична кров – основний мобільний резервуар, з якого клітини надходять до місць функціонування [30].

Опромінення в ранкові години (о 8:00) як для гіпо-, так і для гіперреактивних щурів призводило до зниження клітинного складу кісткового мозку, що вказує на ушкоджуючу дію опромінення на кровотворну систему. Активна проліферація в кістковому мозку гіпореактивних тварин, опромінених о 20:00, через 21 добу після опромінення сприяла активнішому відновленню пулу кровотворних клітин в цій групі тварин. Це може бути пов'язано не тільки з реактивністю тварин, але й з ритмічними змінами клітинної проліферації в кровотворній тканині.

На другому етапі експерименту проведено дослідження циркадних (добових) ритмів кровотворної системи. Впродовж доби змінюється проліферативна активність її центрального органа – кісткового мозку. Відображенням проліферативної активності кісткового мозку є добові зміни рівня ядромісних клітин периферичної крові: лейкоцитів, нейтрофілів та лімфоцитів [31, 32].

Вивчено вплив опромінення на характеристики циркадних ритмів коливань величин гематологічних показників у гіпер- та гіпореактивних щурів, опромінених у різний час доби, впродовж дослідженого післяпроменевого періоду. Наведені дані свідчать, що хроноритмам гематологічних показників властиві групові відмінності від інтактних щурів (рис. 3, 4).

На 3-тю добу після радіаційного впливу спостерігали (рис. 3, 4) зсув акрофаз добових ритмів змін відносного вмісту лейкоцитів, яка приходилась на  $1:56 \pm 0:45$  – для групи I, та  $20:12 \pm 1:15$  – для групи II. Для гіпореактивних тварин акрофаза зміщувалась і приходилась на  $1:40 \pm 0:12$  – для групи III, та на  $13:18 \pm 1:10$  – для групи IV. Акрофази добових ритмів змін загального вмісту лімфоцитів вірогідно зміщувались з ранкового на нічний час, як для гіпер- так і для гіпореактивних щурів. Акрофази добових ритмів змін відносного вмісту нейтрофілів вірогідно зміщувались і приходились на  $13:09 \pm 0:35$ , та на  $16:51 \pm 1:10$  ( $P < 0,05$ ) – для групи I та II відповідно. Для гіпореактивних тварин акрофаза зміщувалась і приходилась на  $15:52 \pm 0:22$  – для групи III, та на  $17:07 \pm 1:40$  – для групи IV.

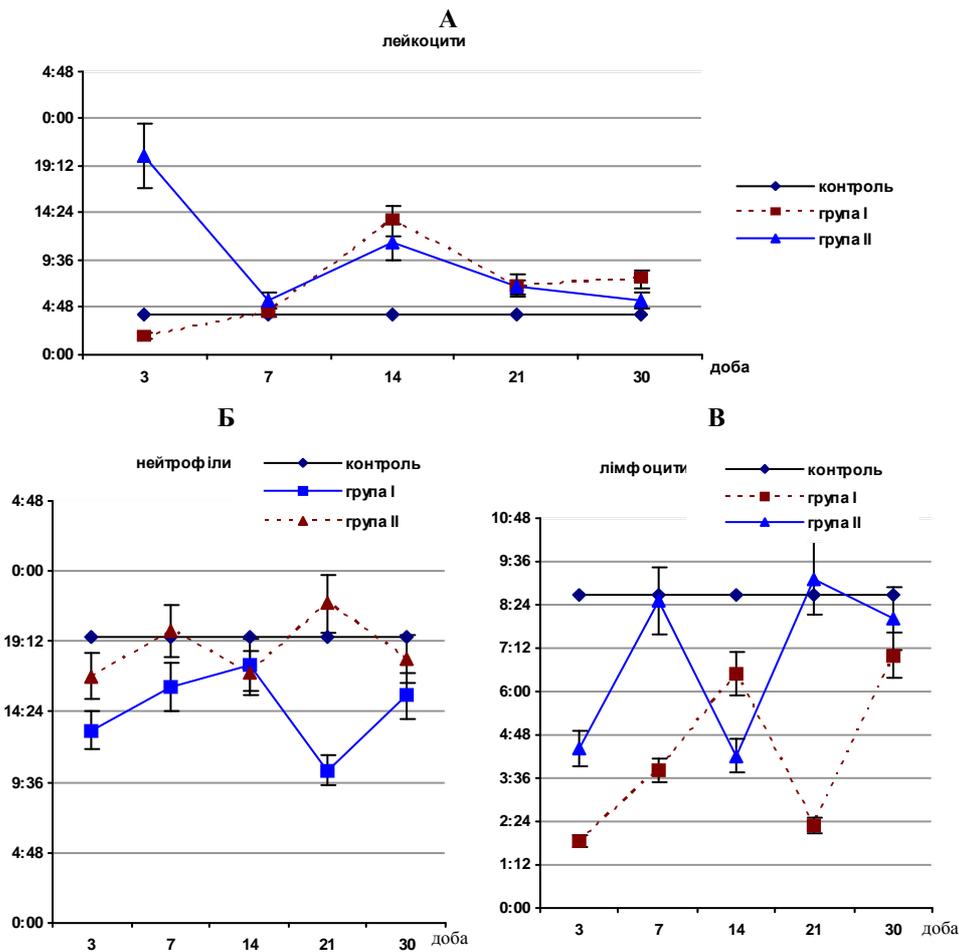


Рис. 3. Динаміка акрофаз добових ритмів змінення кількості клітин периферичної крові гіперреактивних тварин, опромінених в різний час доби: А – загальна кількість лейкоцитів ( $\times 10^9/\text{л}$ ), Б – кількість нейтрофілів (%), В – кількість лімфоцитів (%). По осі ординат – год/хв

Гіперреактивні тварини характеризуються відновленням добових ритмів вмісту клітин периферичної крові (загальний вміст лейкоцитів, відносний вміст нейтрофілів та лімфоцитів) на 7-у добу, однак потім спостерігали зниження даних показників (до 30-ї доби). До 30-ї доби тільки в групі IV спостерігалось відновлення добових ритмів вмісту усіх вивчених лейкоцитарних клітинних популяцій. У гіперреактивних тварин спостерігали широкий часовий інтервал, у межах якого від доби до доби коливається положення акрофаз на 24-годинній шкалі. Чим більше даний часовий інтервал, тим менш стійким виявляється добовий ритм. Широкий часовий інтервал зсуву акрофаз на 24-годинній шкалі призводить до розвитку

десинхронозу, що супроводжується зниженням стійкості до дії пошкоджувальних чинників (іонізуюче випромінювання). Для гіпореактивних тварин, опромінених о 20:00 (група IV), цей часовий інтервал був вужчим. Це підтверджується і змінами амплітуд добових ритмів, у гіперреактивних тварин вони були вищими на 1,5 – 2 %, ніж у гіпореактивних тварин за весь період спостережень. Циркадна система з стійкими ритмами є більш рухливою [33], тобто організми такого типу швидше адаптуються за дії пошкоджувальних чинників.

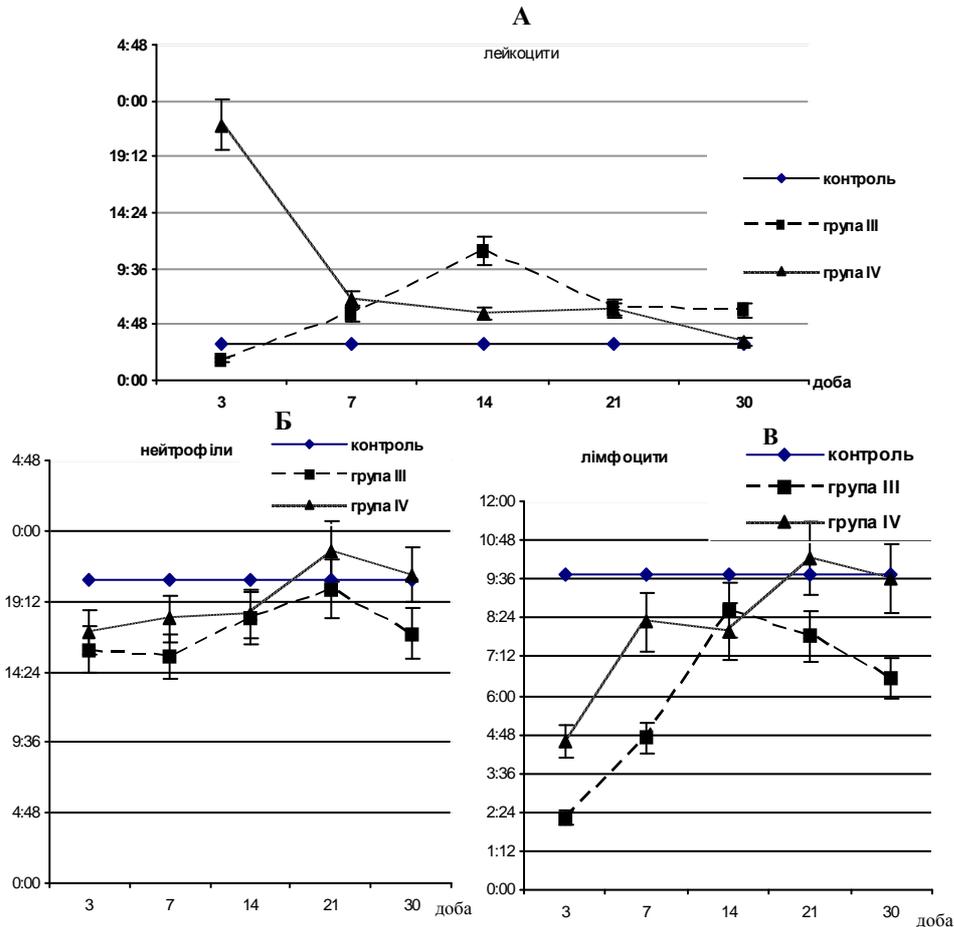


Рис. 4. Динаміка акрофаз добових ритмів змін кількості клітин білої крові гіпореактивних тварин, опромінених в різний час доби: А – загальна кількість лейкоцитів ( $\times 10^9/\text{л}$ ), Б – кількість нейтрофілів (%), В – кількість лімфоцитів (%). По осі ординат – час доби, год/хв

Для визначення вірогідності існування ритмів було використано метод математичного аналізу «Косинор», що дозволяє охарактеризувати ритмічність

процесу та визначити його вірогідності. Під час аналізу вірогідності ритмів урахували, що еліпс не повинен проходити крізь центр координат (тому що в цьому випадку акрофаза припадатиме на весь 24-годинний період). З дотриманням даної умови розраховані нами ритми є вірогідними. У даних тварин було виявлено чіткі вірогідні ритмічні коливання вмісту клітин білої крові (рис. 5)

Відновлення циркадних ритмів до 30-ї доби не спостерігалось для всіх груп. Найбільші зміни акрофаз на 24-часовій шкалі зафіксовано у гіперреактивних щурів, опромінених о 8:00 (група I). Опромінення експериментальних тварин у дозі 4,0 Гр у вечірні години, що збігається з максимальним вмістом кортикостероїдів і мінімальною проліферативною активністю кісткового мозку тварин, призводить до меншого ефекту щодо мієлопоезу, порівняно з ранковим опроміненням. Тобто застосування іонізуючого випромінювання у хрономодулюючому режимі дозволяє не тільки визначити час його найменшої дії, але й надає можливість використання більш високих доз опромінення з урахуванням його ефекту у фазах підвищеної резистентності організму.

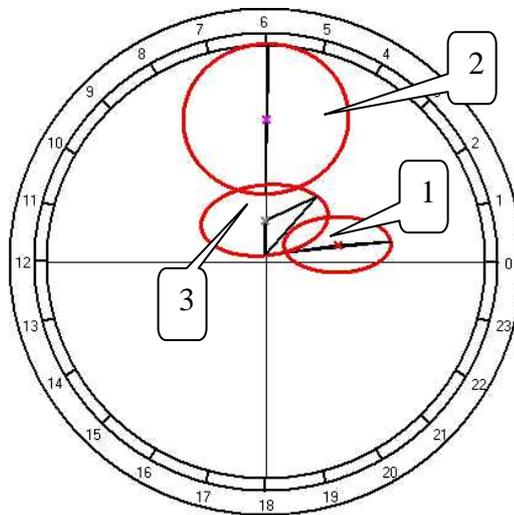


Рис. 5. Розподіл групових косинор-діаграм добових ритмів змін кількості клітин білої крові: 1 – для добового ритму загальної кількості лейкоцитів ( $\times 10^9/\text{л}$ ), 2 – для добового ритму кількості лімфоцитів (%), 3 – для добового ритму кількості нейтрофілів (%)

**Оцінка стану імунної системи щурів різної реактивності після опромінення.** Після іммобілізаційного стресу в групі гіперреактивних тварин спостерігали зниження вмісту циркулюючих імунних комплексів (ЦІК), та підвищення вмісту імуноглобуліну класу G (IgG). У групі гіпореактивних щурів ця динаміка була інвертована (рис. 6), тобто вміст ЦІК – підвищувався на 13 %, а вміст IgG навпаки знижувався на 46 %. Це може бути пов'язано з перевагою симпатикотонічної (ерготропної) фази у гіперреактивних тварин, в той час, як для гіпореактивних щурів більш виражена парасимпатична (трофотропна) реакція [33].

Це підтверджується підвищенням вмісту ЦІК у периферичній крові в гіпореактивних щурів після стрес-впливу.

Після опромінення зміна циркадних ритмів досліджуваних імунологічних показників, як у гіпо-, так і у гіперреактивних тварин, були односпрямованими.

Відмінності імунної відповіді у тварин різних типів полягала в часі відновлення циркадних ритмів, що важливо для організму, який перебуває в екстремальній ситуації (рис. 7).

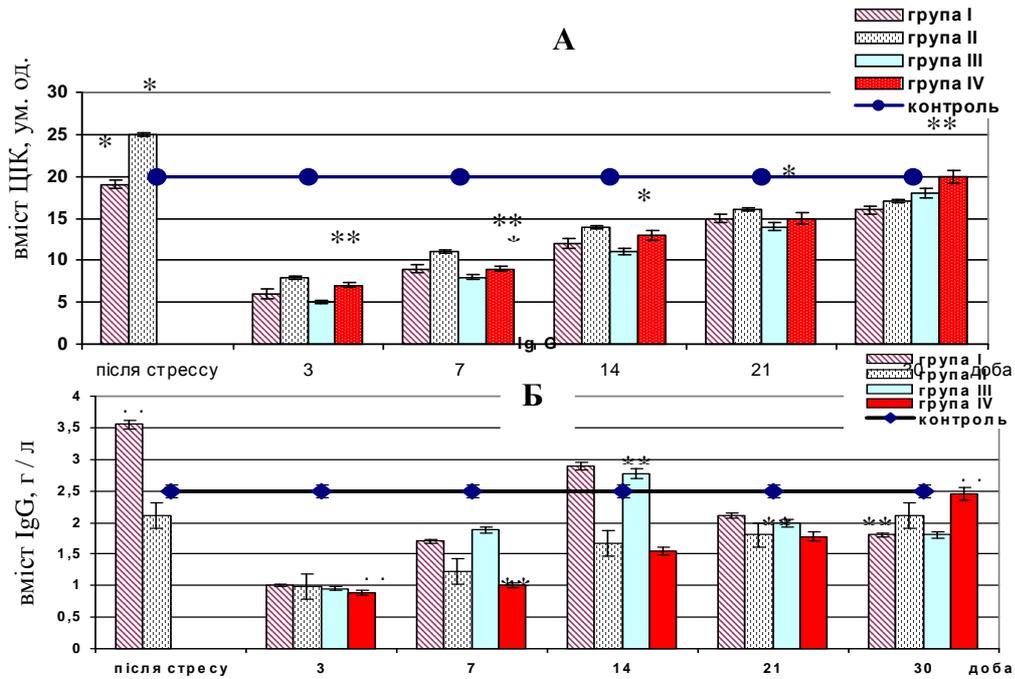


Рис. 6. Зміни показників імунної системи в сироватці крові гіпо- та гіперреактивних щурів, опромінених у різний час доби: А – циркулюючі імунні комплекси, Б – імуноглобулін класу G, \* –  $P \leq 0,05$  відносно контролю, \*\*  $P \leq 0,05$  – між показниками груп (I, III) та (II, IV), контроль – до іммобілізації

У гіперреактивних тварин на 14-у добу після радіаційного впливу спостерігали відновлення циркадних ритмів імунологічних показників (фагоцитарної активності нейтрофілів, Ig G та ЦІК).

Для гіпореактивних тварин відновлення добових ритмів даних імунологічних показників спостерігалось тільки для тварин, опромінених о 20:00 (група IV) до 30-ї доби спостереження.

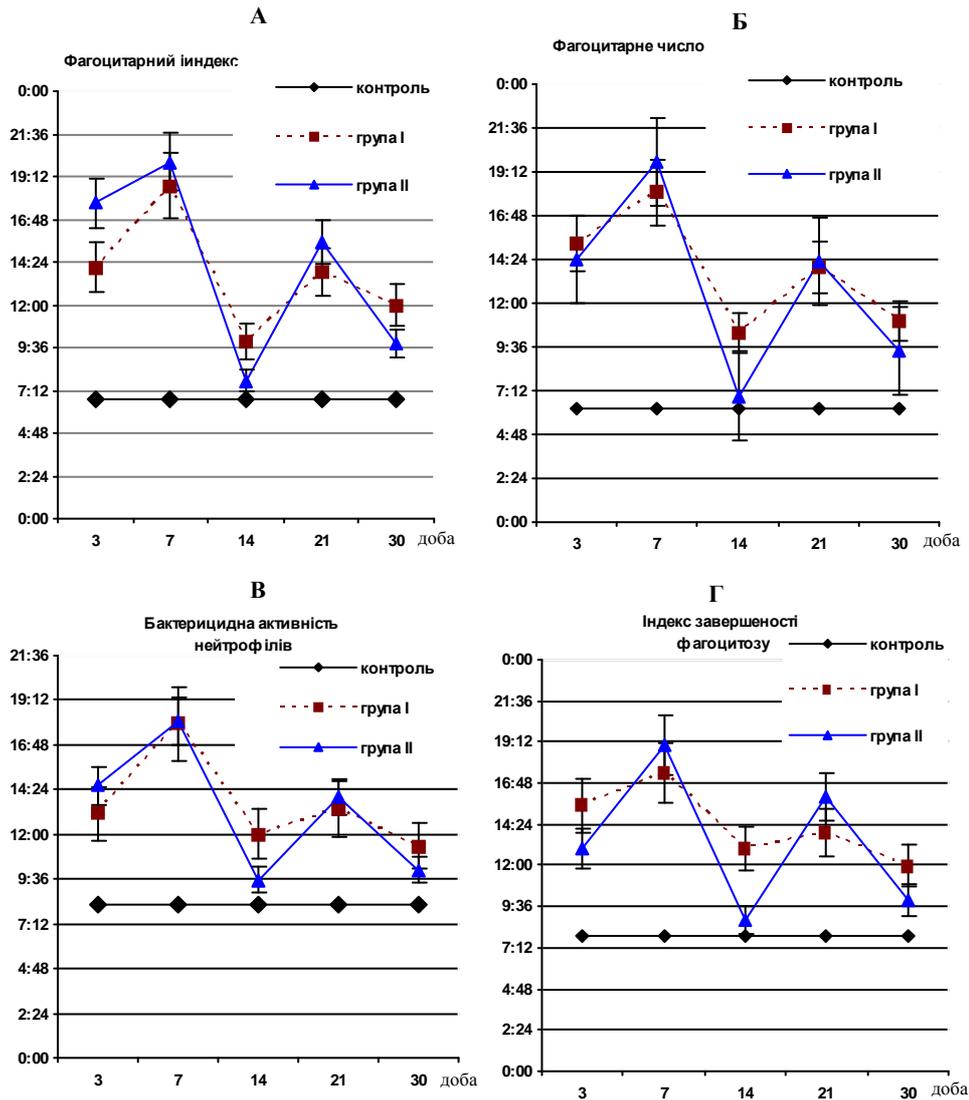


Рис. 7. Зміна акрофаз добових ритмів фагоцитарної активності нейтрофілів периферичної крові гіперреактивних тварин, опромінених о 8:00 (група I) та о 20:00 (група II): А – фагоцитарний індекс, Б – фагоцитарне число, В – бактерицидна активність нейтрофілів, Г – індекс завершеності фагоцитозу. По осі ординат – час доби, год/хв

Така інтенсивна первинна реакція на дію радіації у гіперреактивних тварин може сприяти тому, що відновлення спостерігається в короткий часовий проміжок, а потім настає виснаження й тривала депресія імунної системи. Зазначені розбіжності в часі прояву реакцій імунної системи на радіаційний вплив можуть бути одним з факторів, що визначають радіорезистентність організму.

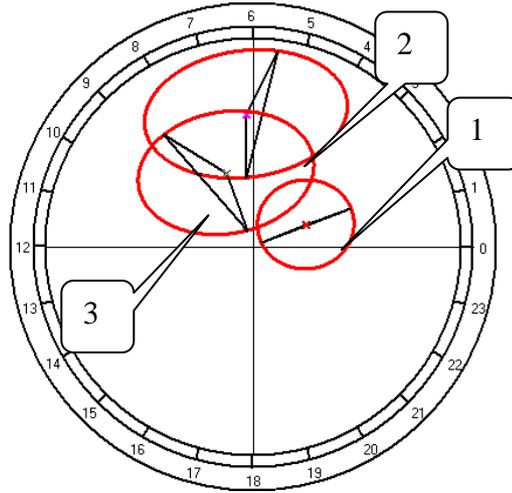


Рис. 9. Розподіл групових косинор-діаграм добових ритмів показників гуморальної (Ig G, ЦІК) та клітинної (фагоцитарної активності нейтрофілів: Фі, Фч, БАН, ІЗФ) ланок імунної системи експериментальних тварин (I, II, III та IV груп): 1 – для добового ритму Ig G та ЦІК, 2 – для добового ритму БАН та ІЗФ, 3 – для добового ритму Фі та Фч

*Примітка:* Ig G – імуноглобулін класу G, ЦІК – циркулюючі імунні комплекси, Фі – фагоцитарний індекс, Фч – фагоцитарне число, БАН – бактерицидна активність нейтрофілів, ІЗФ – індекс завершеності фагоцитозу

Використання методу математичного аналізу „Косинор” свідчить, що для експериментальних тварин (I, II, III та IV груп) характерні вірогідні ритмічні коливання показників гуморальної (Ig G, ЦІК) та клітинної (фагоцитарної активності нейтрофілів: фагоцитарний індекс, фагоцитарне число, бактерицидна активність нейтрофілів, індекс завершеності фагоцитозу) ланок імунної системи (рис. 8).

Проведені експериментальні дослідження є підставою вважати, що гіперреактивні тварини мають високу радіочутливість порівняно з гіпореактивними. Добові ритми систем кровотворення та імунітету тісно пов’язані між собою та без сумніву генетично детерміновані, що підтверджує необхідність урахування циркадної ритмічності у кожного організму за умов радіаційного впливу, оскільки їх ритми індивідуальні.

### ВИСНОВКИ

1. У роботі досліджена динаміка післярадіаційного (вплив іонізуючої радіації у дозі 4,0 Гр) відновлення добових ритмів систем гемопоезу та імунітету у тварин різних типів реагування на психоемоційний стрес для оцінки радіочутливості організму.
2. Виявлено розходження у змінах показників гемопоезу в експериментальних тварин (щурів) на іммобілізаційний стрес, що дозволило розділити їх на групи (гіпо- та гіперреактивних).

3. Виявлено, що тривалість післярадіаційного відновлення циркадних ритмів кровотворення тварин залежить від типу реагування на психоемоційний стрес: гіперреактивні тварини мали більш високий ступінь панцитопенії порівняно з гіпореактивними.
4. Показано, що зміни циркадних ритмів гемопоезу після опромінення тварин залежать від часу доби опромінення й їх реактивності: лімфопоез у гіпореактивних щурів, опромінених о 20:00, виявився найбільш резистентним порівняно з іншими тваринами та часом їх опромінення.
5. Показано вірогідне зниження досліджених показників імунної системи на 30 – 40 % у гіперреактивних тварин, опромінених о 8:00 відносно контрольного рівня, порівняно з гіпореактивними, опроміненими о 20:00 (зниження даних показників відносно контрольного рівня, склало менш 5%).
6. Виявлено, що опромінення у різний час доби істотно впливає на післярадіаційне відновлення добових ритмів показників систем кровотворення та імунітету у різних по чутливості на психоемоційний стрес тварин. Для гіпореактивних тварин (опромінених о 20:00) показано відновлення 24 годинного ритму досліджуваних показників.

#### Список літератури

1. Гольдберг Е.Д. Закономерности структурной организации систем жизнеобеспечения в норме и при развитии патологического процесса / Е.Д. Гольдберг, А.М. Дыгай, В.В. Удут [и др.] – Томск: Изд-во Томского Университета, 1996. – 282 с.
2. Даренская Н.Г. Возможности прогнозирования индивидуальной тяжести поражения при лучевых воздействиях в сверхлетальных дозах. Прогнозирование по ранней реакции на облучение / Н.Г. Даренская, А.О. Короткевич, Т.С. Малютина [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2001. – Т.41, №2. – С. 165 – 170.
3. Гродзинський Д.М. Радиобіологія: [підруч. для студ. біол. спеціальностей вищих закладів освіти] / Д.М.Гродзинський. – К.: Либідь, 2000. – 448 с.
4. Кудаева О.Т. Влияние длительной физической нагрузки на иммунные реакции in vitro и in vivo у экспериментальных животных / О.Т. Кудаева, О.П. Колесникова, И.Н. Оськина [и др.] // Иммунология. – 2007. – №2. – С. 102 – 105.
5. Азарскова М. В. Пристосувальні реакції імунної системи у рековалесцентів гострої променевої хвороби у віддаленому періоді після опромінення: автореф. дис на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 00.01.03 / М.В. Азарскова. – К., 2002. – 20, [1] с.
6. Ito A., Long Term Health. Effect of Radioactive Contamination. Proc 2 nd ISTC/SAC seminar “Large Scale Area Remediation” VN11TF / A.Ito, Long Term Health. – Snezhinsk, 21 – 25 June. – 1999. – P.69–75.
7. Гаркави Л.Х. Адаптационные реакции и резистентность организма / Л.Х. Гаркави, Е.Б.Квакина, М.А. Уколова. – [3-е изд.]. – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского Университета, 1990. – 224 с.
8. Никифорова Н.А. Стан деяких показників клітинного імунітету інооперабельних хворих на рак шийки матки залежно від часу проведення хемопроменевої терапії / Н.А.Никифорова, Н.Е.Прохач, О.В.Кузьменко [та ін.] // Буковинський медичний вісник. – 2006. – №4. – С.114 – 117.
9. Halberd F. Chronomics: circadian and circaseptan timing of radiotherapy, calories, perhaps nutraceuticals and beyond / F. Halberd, G. Cornelissen, M. Hasting [et al.] // Journal of Experimental Therapeutics and Oncology. – 2003. – №3. – P. 223 – 260.
10. Барабой В. А. Стресс: Природа, биологическая роль, механизмы, исходы / В.А. Барабой. – К.: Фитосоцицентр, 2006. – 424 с.

11. Хлусов И.А. Адренергическая регуляция продукции интерлейкинов клетками костного мозга в условиях иммобилизационного стресса / И.А. Хлусов, А.М. Дыгай, Е.Д. Гольдберг // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1993. – №12. – С.570 – 572.
12. Орлова Е.Г. Модуляция функциональной экспрессии адренорецепторов фагоцитирующих клеток при остром стрессе и введении гидрокортизона / Е.Г. Орлова, Д.В. Ланин, Ю.И. Шилев // Медицинская иммунология. – 2003. – Т.5, № 3 – 4. – С.209 – 210.
13. Немирович-Данченко Е.А. Влияние пролактина на стресс-индуцированное изменение пролиферативной активности лимфоцитов / Е.А. Немирович-Данченко, Е.Е. Фомичева // Медицинская иммунология. – 2003. – Т.5, № 3 – 4. – С.209.
14. Tru R. Clonality of the stem cell compartment during evolution of myelodysplastic syndromes and other bone marrow failure syndromes / R.Tru, L. Gondek, C.O'keefe, J.P.Maciejewski. // Leukemia. – 2007. – Vol. 7. – P.165 – 170
15. Михайленко А.А. Гипотеза пространственно-временной организации функциональной активности иммунной системы. / А.А. Михайленко // Медицинская иммунология. – 2006. – Т.6, №3 – 5. – С.239 – 240.
16. Haus E. Chronobiology of the Mammalian Response to Ionizing Radiation. Potential Applications in Oncology / E. Haus // Chronobiol. Int. – 2002. – Vol.19, № 1. – P.77 – 100.
17. Кириличева Г.Б. Адаптационно-биоритмологический подход при изучении особенностей влияния иммуномодуляторов на показатели иммунной и нейроэндокринной систем у мышей имбредных линий / Г.Б.Кириличева, М.С.Соловьева, А.В.Пронин // Медицинская иммунология. – 2003. – Т.5. №3 – 4. – С. 299.
18. Collis S.J. Emerging links between the biological clock and the DNA damage response / S.J. Collis, S.J. Boulton // Chromosoma. – 2007. – № 5. – P. 45 – 55.
19. Шаляпина В.Г. Индивидуально-топологические особенности гормональных реакций у собак при психоэмоциональном стрессе / В.Г.Шаляпина, Н.И.Войлокова, Н.Ф.Суворов, В.В.Ракицкая // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. – 2001. – Т. 87, №7. – С.926 – 932.
20. Шапиро Ф.Б. Гормональная регуляция секреции гепарина тучными клетками крыс при стрессорных воздействиях / Ф.Б. Шапиро, Б.А.Умарова, С.М. Струкова // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 1998. – Т. 84, № 5 - 6. – С.469 – 473.
21. Кузьменко О.В. Добові коливання мієлотоксичності циклофосфану / О.В. Кузьменко // Український радіологічний журнал. – 2004. – Т. XII, вип. 3. – С. 277 – 291.
22. Рагинене И.Г. Влияние вегетативной нервной системы на показатели иммунитета и особенности иммунореактивности человека. / И.Г.Рагинене, Н.И. Камзавлакова, Г.В.Булыгин // Медицинская иммунология. – 2002. – Т. 4, №2. – С. 131 – 132.
23. Arjona A. The circadian gene mPer2 regulates the daily rhythm of IFN-gamma / A. Arjona, D.K. Sarkar // J. Interferon Cytokine Res. – 2006. – Vol.26 (9). – P. 645 – 649.
24. Haus F. Biologic rhythms in hematology / F. Haus // Path.Biol. – 1996. – Vol. 44, N 7. – P. 618 – 630.
25. Хаитов Р.М. Иммунитет и стресс. / Р.М.Хаитов, В.П.Лесков // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2001. – Т. 87, №8. – С. 1060 – 1073.
26. Карп В.П. Вычислительные методы анализа в хронобиологии и хрономедицине / В.П.Карп, Г.С. Катинас – СПб: Восточная корона, 1997. – 116 с.
27. Медицинско лабораторные технологии и диагностика. Т.2 / [под ред. проф. А.И. Карпищенко] – СПб: Интермедика, 1999. – С. 307 – 308.– (Справочник мед. лаб. технологий).
28. Гамалея Н.Б. Сравнение двух методов определения Ig G, A, M (спектрофотометрия и радиальная иммунодиффузия) / Н.Б.Гамалея, Н.А. Мондрус // Клиническая лабораторная диагностика. – 1994. – № 1. – С. 6 – 7.
29. Горизонтов П.Д. Система крови как основа резистентности и адаптации организма / П.Д. Горизонтов // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 1981. – №2. – С. 55 – 63.
30. Кончаловский М.В. Дозовые кривые нейтрофилов и лимфоцитов при общем относительно равномерном гамма-облучении / М.В.Кончаловский, А.Е. Баранов, В.Ю.Соловьев // Медицинская радиология. – 1991. – Т.36, №1. – С. 29 – 33.
31. Focan C. Chronobiological Concepts Underlying the Chronotherapy of Human Lung Cancer / C. Focan // Chronobiol. Intern. – 2002. – Vol.19, №1. – P.253 – 274.

32. Комаров Ф.И. Роль проблемной комиссии «Хронобиология и хрономедицина» РАМН в развитии внутренней медицины / Ф.И. Комаров, С.И.Рапорт, С.М.Чибисов // Клиническая медицина. – 2007. – №9. – С. 14 – 16.
33. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты проблемы адаптации / С.И. Степанова – М.: Наука, 1986. – 244 с.

**Кузьменко Е.В. Восстановление суточного ритма показателей кроветворения и иммунитета после радиационного воздействия / Е.В. Кузьменко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 122-135.**

Выявлено влияние типа реагирования изучаемых показателей гемопоэза экспериментальных животных (крыс) на длительность послерадиационного восстановления циркадных ритмов кроветворения: гиперреактивные животные имели более высокую степень панцитопении по сравнению с гипореактивными. Показано, что действие ионизирующей радиации в сублетальной дозе (4,0 Гр) по разному влияет на изменение циркадных ритмов гемопоэза в зависимости от времени суток облучения и реактивности животных: повреждающее действие радиации у гипореактивных крыс, облученных в 20:00, на лимфопоэз было минимальным. Оценка изучаемых показателей иммунитета крыс разных типов реагирования, облученных в разное время суток, показала глубокую депрессию иммунитета у гиперреактивных животных, облученных в 8:00, по сравнению с гипореактивными, облученными в 20:00. Использование ионизирующего излучения в хрономодулирующем режиме позволило не только определить время его наименьшего действия в отношении систем кроветворения и иммунитета, но и использовать более высокие дозы облучения с учетом механизма их действия в фазах повышенной резистентности организма и реактивности животных.

**Ключевые слова:** суточные ритмы, рентгеновское облучение, система кроветворение, система иммунитета, индивидуальная радиочувствительность.

**Kusmenko E.V. Circadian rhythm restoration of some haemopoiesis characteristics and an immunity after radiation exposure / E.V. Kusmenko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 122-135.**

The influence of response type of haemopoiesis characteristics on the duration of postradiation circadian rhythm blood creation restoration was discovered: hyperreactive animals have had more higher degree of pancytopenia in comparison with hyporeactive animals. It was shown that effect of ionizing radiation in sublethal dose (4.0) has different influence on the shifts of haemopoiesis circadian rhythm and depends on exposure time to radiation and animals reactivity: destructive effects of radiation on lymphopoiesis among hyporeactive rats exposed to 20:00 have been minimal. Estimation of immunity of rats with the different types of reactivity exposed in different time of 24 hours cycle has shown deep depression of immune system in hyperreactive animals exposed at 8:00 in comparison with hyporeactive rats exposed at 20:00. The relationship between radiosensitivity and type of rats response on psychoemotional stress influence has been discovered.

**Keywords:** circadian rhythm, X-ray, immune system, haemopoiesis system, individual sensitivity.

*Поступила в редакцию 19.11.2012 г.*

УДК 612.821.3+612.172

## ГЕМОДИНАМІКА ГОЛОВНОГО МОЗКУ ТА СЕРЦЕВИЙ РИТМ ПРИ РОЗУМОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДЕЙ З РІЗНИМИ ІНДИВІДУАЛЬНО- ТИПОЛОГІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ВИЩИХ ВІДДІЛІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

*Макаренко М.В.<sup>1</sup>, Лизогуб В.С.<sup>2</sup>, Юхименко Л.І.<sup>2</sup>, Черненко Н.П.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Науково-дослідний центр гуманітарних проблем Збройних сил України, Київ, Україна  
<sup>2</sup>НДІ фізіології ім. М. Босого Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького,  
Черкаси, Україна  
E-mail: v\_lizogub@ukr.net

За результатами дослідження гемодинаміки головного мозку та серцевого ритму (СР) при розумовій діяльності у осіб з різною градацією типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи, функціональної рухливості нервових процесів (ФРНП) виділено чотири типи вегетативних механізмів регуляції: оптимальний, компенсаторний, декомпенсаторний та їх зрив. Особи з високим рівнем ФРНП на відміну від обстежуваних з низькою градацією досліджуваної типологічної властивості, характеризувались помірною та узгодженою активацією як специфічних, так і неспецифічних механізмів регуляції гемодинаміки головного мозку та серцевого ритму.

**Ключові слова:** функціональна рухливість нервових процесів, варіабельність серцевого ритму, церебральна гемодинаміка, механізм регуляції, розумова діяльність.

### ВСТУП

В науковій літературі актуальною і жвавою є дискусія про особливості регуляції серцевого ритму та гемодинаміки головного мозку при розумовій діяльності [1–3]. Одні дослідники вважають, що розумова робота супроводжується підвищенням гемодинамічного забезпечення головного мозку [4, 5]. Інші – виявили зниження кровопостачання мозку під час напруженої розумової діяльності [6, 7]. Встановлено і те, що при розумовій діяльності відбуваються різноспрямовані реакції мозкової гемодинаміки [8]. Вагомим поясненням таких змін гемодинаміки мозку може бути гіпотеза про участь індивідуально-типологічних властивостей ВНД у механізмах регуляції гемодинамічних реакцій. Але питання про зв'язок індивідуально-типологічних властивостей центральної нервової системи з характером вегетативних реакцій під час розумової діяльності залишається дискусійним. Отримано дані, які свідчать, що індивідуально – типологічні особливості вищих відділів центральної нервової системи у стані спокою та під час впливу на організм слабких короткотривалих навантажень не зв'язані з вегетативними реакціями зареєстрованими за показниками СР [2, 3]. В той же час деякими авторами вже у стані відносного спокою спостерігались відмінності у механізмах активації регуляторних

систем СР у людей з різними індивідуально-типологічними властивостями [8]. Механізми міжіндивідуальних відмінностей регуляції СР і гемодинаміки головного мозку при розумовій діяльності різної складності також невідомі.

Тому метою роботи було з'ясувати роль індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи у вегетативних механізмах забезпечення розумової діяльності.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дослідження проводили з участю 158 студентів віком 18-21 рік. На початку кожного обстежуваного ознайомлювали з усім комплексом методик та організацією дослідження. Спочатку визначали індивідуально-типологічні властивості вищих відділів центральної нервової системи, а саме ФРНП за методикою М.В. Макаренка [9] на комп'ютерному комплексі «Діагност-1» в режимі "нав'язаного ритму". На цьому комплексі визначали найвищий темп диференціювання позитивних і гальмівних подразників, які слідували один за одним. Кількісним показником ФРНП була максимальна швидкість пред'явлення подразників, на якій обстежуваний робив не більше 5-5,5% помилок.

Після визначення ФРНП проводили дослідження розумової працездатності при переробці інформації на високій швидкості її пред'явлення, що була індивідуальною для кожного обстежуваного, тобто еквівалентною його рівню ФРНП. Виконання розумової роботи тривало впродовж 30 хвилин.

Варіабельність СР, хвилову структуру серцевого ритму (ХССР) та показники спектральної реоенцефалограми (РЕГ) досліджували в стані спокою, безпосередньо перед розумовою роботою та впродовж 30 хвилин під час переробки інформації.

Мозковий кровообіг досліджували у першій половині дня, в положенні сидячи. Використовували метод спектральної РЕГ (РеоКом ХАІ Medica) за стандартною схемою введення електродів у фронто-мастоїдальному (FM) відведенні. Вираховували: хвилинний об'єм крові (ХОК, мл/хв.), тонуус крупних (Тк, у.о.), середніх і дрібних (Тсд, у.о.) артерій, дикротичний (ДКІ, %) та діастолічний індекс (ДСІ, %).

Характеристики СР та ХССР реєстрували на комп'ютерному комплексі „Caspico” (Коваленко С.О., 2005) і отримували значення: HF (потужність у діапазоні високих (0,15-0,4 Гц)), LF (низьких (0,04-0,15 Гц)), VLF (дуже низьких (<0,04 Гц)) частот, коефіцієнт вагосимпатичної взаємодії (LF/HF), загальної потужності (TP), тривалості кардіоінтервалів (R-R), стандартного квадратичного відхилення (SDNN), мода (Mo), амплітуди моди (AMo), індекса напруження регуляторних систем (IN) та частоту серцевих скорочень (ЧСС).

Для кожного обстежуваного за показниками РЕГ вираховували ІРЦС, як відношення значень ДКІ під час виконання роботи до стану спокою. Він характеризує реакцію інтракраніальних судин опору каротидного басейну і специфічного вазомоторного регуляторного механізму [10]. Для всіх обстежуваних визначали індекс реактивності автономної нервової системи (ІРАНС) як відношення значень LF/HF та IN під час роботи до фонових значень. Цей показник характеризував реакцію неспецифічних механізмів регуляції [11].

Статистична обробка отриманих даних проводилась з використанням пакету програм «Microsoft Excel». Використовували методи непараметричної статистики.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

При розумовій діяльності з індивідуально високою швидкістю пред'явлення для диференціювання подразників обстежувани з низьким рівнем ФРНП переробляли від 2400 до 2700 подразників і допускали в середньому  $134,1 \pm 12,09$  помилки, що дорівнювало 5,59%. В той же час у осіб з високим рівнем ФРНП об'єм переробленої інформації був значно більшим і становив від 3600 до 4500 подразників, а кількість допущених помилок -  $307,6 \pm 13$ , що дорівнювало 9,32%. Особи з середнім рівнем ФРНП займали проміжне положення.

Отже, кількісні і якісні показники розумової діяльності з диференціювання та переробки позитивних і гальмівних сигналів, що пред'являлись на максимальній швидкості упродовж 30 хв. знаходились в залежності від індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи.

При 30-хвилинній розумовій діяльності за статистичними, варіаційними та спектральними характеристиками СР у осіб з низьким рівнем ФРНП виявлені вищі значення показників Амо та ІN і нижчі SDNN по відношенню до осіб з високим рівнем досліджуваної типологічної властивості, особливо в середині та наприкінці роботи ( $p < 0,05$ ).

Так, як представлено на таблиці 1, у обстежуваних з низьким рівнем ФРНП індекс напруги у стані спокою дорівнював 92 (74,5;100,9) у.о., а під час розумової діяльності відбулось його збільшення на 233,4 (202,9;314,3) у.о. ( $p < 0,05$ ).

Таблиця 1

#### Показники серцевого ритму у стані спокою та при розумовій діяльності у обстежуваних з низьким та високим рівнем ФРНП (n=158)

| Досліджувані показники             | Фон                     |                        | Розумова діяльність       |                         |
|------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|
|                                    | рівень ФРНП             |                        | рівень ФРНП               |                         |
|                                    | Низький                 | Високий                | Низький                   | Високий                 |
| HF, мс <sup>2</sup><br>(Me,25-75%) | 265,07<br>(186,8;405,7) | 423,3<br>(224,3;766,8) | 117,5#*<br>(89,6;206,6)   | 247,5#<br>(164,6;494,7) |
| IN, у.о.<br>(Me,25-75%)            | 92<br>(74,5;100,9)      | 88,7<br>(55,1;125,7)   | 233,4 *#<br>(202,9;314,3) | 127,7#<br>(74,7;140,05) |

Примітка: \*-  $p < 0,05$ -значущі різниці змін відносно фону, #-  $p < 0,05$ -значущі різниці між показниками у обстежуваних з низьким та високим рівнем ФРНП.

В той же час у осіб з високим рівнем досліджуваних типологічних властивостей ІN у стані спокою та при навантаженні відповідно становив 88,7 (55,1;125,7) у.о. та 127,7 (74,7;140,05) у.о. ( $p > 0,05$ ).

Спектральні характеристики СР при розумовій діяльності з індивідуально високою швидкістю переробки інформації у осіб з високим, ніж з низьким, рівнем властивостей основних нервових процесів характеризувались значно вищими значеннями HF, VLF та TP і нижчими LF-norm ( $p < 0,05$ ). Спектральні показники у осіб з середнім рівнем ФРНП займали проміжне положення.

Так, як видно на таблиці 1, у обстежуваних з низьким рівнем ФРНП потужність хвиль високої частоти у стані спокою дорівнювала 265,07(186,8;405,7) мс<sup>2</sup>, а під час роботи відбулось його істотне зниження і HF дорівнювало 117,5 (89,6;206,6) мс<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ). В той же час у осіб з високим рівнем досліджуваних типологічних властивостей HF у стані спокою та при навантаженні відповідно становив 423,3(224,3;766,8) мс<sup>2</sup> та 247,5 (164,6;494,7) мс<sup>2</sup> ( $p > 0,05$ ).

Таким чином, для осіб з низьким, ніж з високим, рівнем ФРНП при розумовій діяльності характерним було посилення активації симпатичного та зниження парасимпатичного відділу автономної нервової системи і підвищення централізації у регуляції СР. Даний висновок підтверджується і значеннями ІРАНС (табл. 2).

Таблиця 2

**Індекс реактивності церебральних судин та індекс реактивності автономної нервової системи при розумовій діяльності у обстежуваних з низьким та високим рівнем ФРНП (n=158)**

| Рівень ФРНП | Досліджувані показники (Me, 25%-75%) |                 |                    |                  |
|-------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------|------------------|
|             | ІРАНС, у.о.                          |                 | ІРЦС, у.о.         |                  |
|             | IN                                   | LF/HF           | права півкуля      | ліва півкуля     |
| низький     | 2,9 (0,4; 0,8)#                      | 2,7 (0,3; 0,9)# | 1,1 (0,5; 0,7)#    | 0,99 (0,4; 0,6)# |
| високий     | 1,1 (0,1; 0,4)#                      | 0,9 (0,09;0,3)# | 0,72 (0,57; 0,8) # | 0,73 (0,6; 0,9)# |

Примітка: #-  $p < 0,05$ -значущі різниці між показниками у обстежуваних з низьким та високим рівнем властивостей основних нервових процесів.

Так, для обстежуваних з низьким рівнем ФРНП індекс реактивності автономної нервової системи становив 2,9 (0,4; 0,8) у.о. (за IN) та 2,7 (0,3; 0,9) у.о. (за LF/HF), тоді як для осіб з високим рівнем ФРНП - 1,1 (0,1; 0,4) у.о. (за IN) і 0,9 (0,09;0,3) у.о. (за LF/HF) ( $p < 0,05$ ).

Таким чином, переробка інформації на високій швидкості пред'явлення подразників сприяла більшій активації неспецифічних (симпато-адреналових) вегетативних механізмів регуляції в групі обстежуваних з низьким ніж з високим рівнем досліджуваної індивідуально-типологічної властивості.

Індекс реактивності церебральних судин у обстежуваних з високим рівнем ФРНП знижувався при даних умовах переробки інформації, тобто зростали специфічні (судинні) механізми вегетативної регуляції (табл.2). Так, ІРЦС для групи осіб з високим рівнем ФРНП дорівнював 0,72 (0,57; 0,8) у.о. та 0,73 (0,6; 0,9) у.о. відповідно для правої і лівої півкулі головного мозку. Тоді як в групі досліджуваних з низьким рівнем ФРНП ІРЦС становив 1,1 (0,5; 0,7) у.о. та 0,99 (0,4; 0,6) у.о. відповідно для правої і лівої півкулі головного мозку. Отже, розумова робота з

переробки інформації з високою швидкістю у осіб з низьким рівнем ФРНП викликала незначні зміни специфічних механізмів регуляції.

Аналіз вищенаведених результатів ІРАНС та ІРЦС у обстежуваних з різними індивідуально – типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи при розумовій діяльності дозволив нам вперше виділити 4 типи вегетативних механізмів регуляції: оптимальний, компенсаторний, декомпенсаторний та їх зрив.

Оптимальний тип вегетативних механізмів регуляції при індивідуально високій швидкості переробки інформації був характерний для 68% обстежуваних з високим рівнем ФРНП. Він характеризувався оптимальною та узгодженою активацією специфічних (судинних) (зниження ІРЦС як в правій так і в лівій півкулі головного мозку) так і неспецифічних (симпато-адреналових) механізмів регуляції (оптимальне зростання ІРАНС) (рис. 1А).

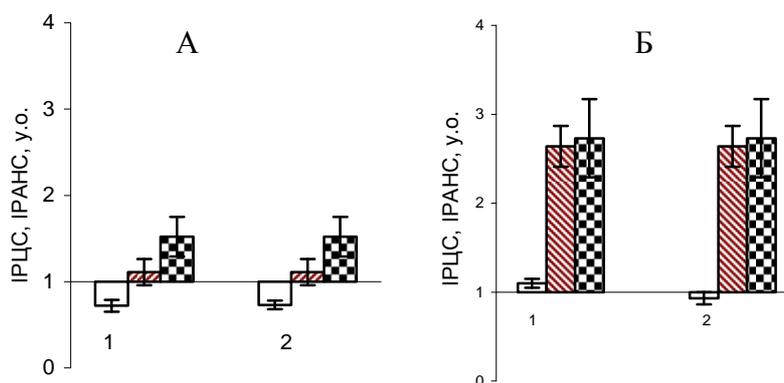


Рис. 1. Значення індексу реактивності церебральних судин - □ (в правій -1 та в лівій - 2 півкулі головного мозку) та індексу реактивності автономної нервової системи (за IN - ▨ та за LF/HF - ▩) за при індивідуально високій швидкості переробки інформації у обстежуваних з низьким – Б та високим – А рівнем властивостей основних нервових процесів.

Компенсаторний тип вегетативних механізмів регуляції при індивідуально високій швидкості переробки інформації був характерний для 57% обстежуваних з низьким рівнем ФРНП. Він характеризується більш вираженою активацією неспецифічних (симпато-адреналових) механізмів регуляції (значне зростання ІРАНС) на фоні менш вираженої активації специфічних (судинних) (незначні зміни ІРЦС як в правій так і в лівій півкулі головного мозку) механізмів регуляції (рис. 1Б).

Для окремих осіб (12%) з низькою і (7%) з високою ФРНП при високій швидкості пред'явлення інформації був встановлений декомпенсаторний тип вегетативної регуляції. Він характеризувався астеничною реакцією для специфічних (підвищення ІРЦС у правій і у лівій півкулі головного мозку) і відсутністю компенсованої реакцій з боку неспецифічних механізмів регуляції (мало помітні зміни ІРАНС) (рис. 2).

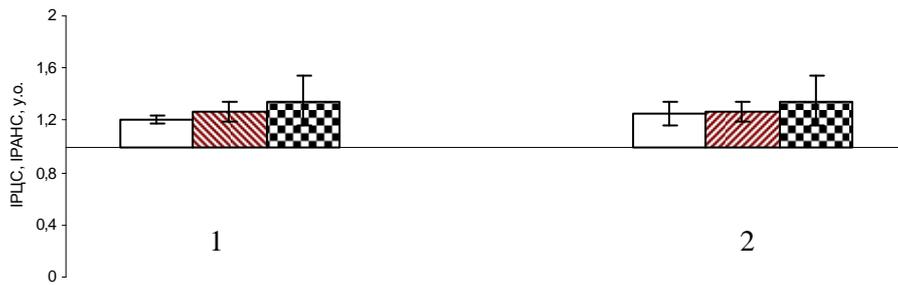


Рис. 2. Значення індексу реактивності церебральних судин - □ (в правій -1 та в лівій - 2 півкулі головного мозку) та індексу реактивності автономної нервової системи (за IN - ▨ та за LF/HF - ▩).

Для цих осіб була характерна знижена вегетативна реактивність, астенизація симпатoadреналових регуляторних механізмів на тлі інтенсивної роботи, що приводило до неадекватного вегетативного забезпечення. Подібні зміни реактивності судин пов'язують з порушенням функцій відповідних інтегративних структур мозку і інтерпретують як прояви вегетативної дисфункції у формі внутрішньо системної дезінтеграції [10]. Імовірно, що у осіб з низьким рівнем властивостей основних нервових процесів поріг вегетативної реактивності лімбіко-ретикулярної системи нижчий і тому швидше наступають специфічні відхилення різних ділянок корково-підкоркових взаємовідносин, які відіграють істотну роль у розвитку реакції дистонії інтракранеальних судин. Можливо, підвищення ІРЦС вказувало на знижену реактивність інтракранеальних судин опору і викликало компенсаторну реакцією на надмірне розумове навантаження. Отже, можна констатувати, що у осіб з низьким рівнем властивостей основних нервових процесів значно частіше, ніж у осіб з високим рівнем досліджуваної типологічної властивості, спостерігаються неадекватні, або близькі до таких варіанти змін реактивності тонуусу церебральних судин у відповідь на значні розумові навантаження.

У окремих осіб, незалежно від рівня ФРНП спостерігали реакцію, що можна назвати як зрив механізмів регуляції. Така реакція характеризувалась відсутністю адекватних, або появою парадоксальних змін ІРАНС та ІРЦС у відповідь на збурення викликане розумовим навантаженням.

Отже, продемонстровано, що у налагодженні взаємовідношень між генетично запрограмованими індивідуально-типологічними особливостями і фенотипічно мобілізуємими у ході життєдіяльності організму генорегуляторними і нейрогуморальними механізмами лежить типізація засобів підвищення розумової діяльності організму та його вегетативних функцій.

Таким чином, функціональна організація мозку, яка забезпечує переробку розумової інформації різної складності, в тому числі і механізми вегетативної регуляції серцевого ритму та гемодинамічні реакції головного мозку, зв'язані з індивідуально-типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи людини.

Розумова діяльність, як багатокомпонентна функція, включає в себе різні операції: сприймання, кодування і аналіз інформації різної модальності у специфічних відділах мозку (сенсорних системах), обробку інформації, ідентифікацію об'єкту, оцінку його значимості з участю пам'яті та властивостей уваги, а також, слід вважати, і вторинних проєкційних, асоціативних областей кори та лімбічних структур. Залучення до розумової діяльності вищих відділів кори головного мозку – лобних ділянок – забезпечує функціональну інтеграцію нейронних мереж, які реалізують спеціалізовані операції в єдину ієрархічну організовану динамічну систему. У формуванні такої функціональної системи, крім зовнішніх стимулів, мети, бажань та потреб, беруть участь і вегетативні механізми регуляції серцевого ритму, гемодинамічні реакції головного мозку та індивідуально-типологічні властивості нервової системи. Останні, слід вважати, є нейрофізіологічними та психофізіологічними механізмами, які формують у обстежуваних вегетативні реакції та індивідуальний досвід у пізнавальній діяльності.

Тому для прогнозування тієї чи іншої професійної та навчальної діяльності, оцінки перспективності людей, необхідно, в першу чергу, орієнтуватися на високо генетично-детерміновані властивості вищих відділів центральної нервової системи як найбільш стійкі та інформативні.

### **ВИСНОВКИ**

1. Вегетативна регуляція серцевого ритму і гемодинаміка головного мозку під час розумової діяльності знаходиться в залежності від високо генетично-детермінованих індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи.
2. Типологічні властивості основних нервових процесів складають психофізіологічну основу розумової діяльності з переробки різномодальної інформації та обумовлюють різну участь вегетативних механізмів регуляції серцевого ритму і гемодинаміки головного мозку.
3. Вперше у осіб з різною градацією індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи у відповідь на інформаційне навантаження виділено чотири типи вегетативних механізмів регуляції: оптимальний, компенсаторний, декомпенсаторний та їх зрив.
4. При розумовій діяльності з індивідуально високою швидкістю переробки інформації особи з високим рівнем властивостей основних нервових процесів, на відміну від осіб з низькою градацією досліджуваної типологічної властивості, характеризуються помірною активацією як специфічних, так і неспецифічних механізмів регуляції.

### **Список літератури**

1. Лизогуб В. С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : спец. 03.00.13 "Фізіологія людини і тварин" / В. С. Лизогуб – К., 2001. – 29 с.
2. Макаренко М. В. Онтогенез психофізіологічних функцій людини / М. В. Макаренко В. С. Лизогуб. – Черкаси: Вертикаль, 2011. – 255 с.

3. Хоменко С. М. Розумова діяльність за умов переробки зорової інформації різного ступеня складності та успішність навчання учнів з різними типологічними властивостями вищої нервової діяльності: дис. ... канд. біол. наук: 03.00.13 / Сергій Миколаєвич Хоменко – К., 2005. – 154 с.
4. Boas D. A., Chen K., Grebert D. Improving the diffuse optical imaging spatial resolution of the cerebral hemodynamic response to brain activation in humans / Boas D A, Chen K., Grebert D. // *Optics Letters* – 2004. – V.29, №13 – P. 1506-1508.
5. Study of local cerebral hemodynamics by frequency domain near-infrared spectroscopy and correlation with simultaneously acquired functional magnetic resonance imaging / V. Toronov, A. Webb, J. H. Choi [et al.] // *Opt. Express* – 2001. – №9. – P. 417–427.
6. Gender characteristics of cerebral hemodynamics during complex cognitive functioning / M. Misteli, S. Dushek, A. Richter [et al.] // *Brain and cognition*. – 2011. – V. 76, №1. – P. 123 – 130.
7. Improved sensitivity to cerebral hemodynamics during brain activation with a time-gated optical system: analytical model and experimental validation / J. Selb, J.J. Stott, M.A. Franceschini // *Journal of Biomedical Optics* – 2005 – V. 10(1) –P. 54-68.
8. Майданюк О. В. Адаптація серцево-судинної системи кваліфікованих спортсменок у синхронному плаванні протягом річного циклу підготовки: дис. ... на здобуття наукового ступеня кандидата наук з фізичного виховання та спорту: спец. 24.00.01. "Олімпійський та професійний спорт" / Майданюк Олена Вікторівна – Київ, 2003. – 187 с.
9. Макаренко М.В. Методика проведення обстежень та оцінка індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини // *Фізіологічний журнал*. – 1999. – Т.45, № 4. – С. 123–131.
10. Perez J.J. Spatiotemporal pattern of the extracranial component of the rheoencephalographic signal / J.J. Perez, E. Guijarro, J. Sancho // *Physiol. Meas.* – 2005. – Vol. 26, № 6. – P. 925 – 938.
11. Баевский Р.М. Оценка уровня здоровья практически здоровых людей (методическое руководство) / Баевский Р.М., Берсенева А.П., Берсенев Е.Ю. – М.: Изд-во «Слово», 2009. – 100 с.

**Макаренко М.В. Гемодинамика головного мозга и сердечный ритм при умственной деятельности людей с разными индивидуально-типологическими свойствами высших отделов центральной нервной системы / М.В. Макаренко, В.С. Лизогуб, Л.И. Юхименко, Н.П. Черненко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С.136-143.**

За результатами дослідження гемодинаміки головного мозку і серцевого ритму при умственої діяльності у людей з різною градацією типологічних властивостей, функціональної подвижності нервових властивостей (ФПНП) виділено чотири типи вегетативних механізмів регуляції: оптимальний, компенсаторний, декомпенсаторний та їх срыв. Обстежувані з високим рівнем ФПНП, в відмінні від обстежуваних з низкою градацією вивчаемого типологічного властивості, характеризувалися помірного і узгодженої активацією як специфічних, так і неспецифічних механізмів регуляції гемодинаміки головного мозку і серцевого ритму.

**Ключевые слова:** функціональна подвижність нервових процесів, варіабельність серцевого ритму, церебральна гемодинаміка, механізм регуляції, умствена діяльність.

**Makarenko M.V. Cerebral hemodynamics and heart rate are in a person with deferens property of basic nervous processes by brainwork / M.V. Makarenko, V.S. Lisogub, L.I. Yukhimenko, N.P. Chernenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 136-143.**

Analysis cerebral hemodynamics and heart rate variability showing four types of variation mechanisms regulation: optimal, compensation, decompensation and breakdown. The brainwork was characteristic moderation and ordination activities mechanisms nonspecific and specific of regulation cerebral hemodynamics and heart rate for a person with higher level properties of the main nervous processes.

**Keywords:** the functional mobility of the main nervous processes, heart rate variability, cerebral hemodynamics, mechanism of regulation, brainwork.

*Поступила в редакцію 21.11.2012 г.*

**УДК 581.1:575**

## **ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ**

*Омельченко С.О.*

*Государственное предприятие «Крымский научно-производственный центр  
стандартизации, метрологии и сертификации», Симферополь, Украина  
E-mail: omesol@ukr.net*

Исследовали содержание токсичных элементов и микробиологических показателей 8 видов рыб, обитающих в разных акваториях Черного моря и Керченского пролива. Полученные данные свидетельствуют о том, что ртуть и мышьяк преобладают в тканях донных видов рыб, а цинк и медь – в тканях пелагической ставриды. Микробиологические показатели зависят от сезона, особенностей биологии рыб, уровня загрязнения среды обитания.

**Ключевые слова:** токсичные элементы, микробиологические показатели, рыбы, Черное море, Керченский пролив.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Морские прибрежные экосистемы в наибольшей степени страдают от антропогенного загрязнения, поступающего со сточными водами береговых источников и привносимого с речными стоками со всего водосборного бассейна. Совершенно очевидно, что загрязнение прибрежных и океанических районов приводит не только к тяжелым последствиям для водных экосистем, но и создает реальную угрозу здоровью населения приморских территорий, употребляющих морепродукты и использующих эти акватории для целей рекреации и туризма [1, 2].

Попадающие в организм токсические вещества вызывают патологические изменения в органах и тканях рыб, при этом некоторые ксенобиотики обладают канцерогенной активностью. К таким веществам относятся, прежде всего, токсичные элементы, которые отличаются от других загрязняющих веществ высокой стабильностью в водной среде, способностью накапливаться в донных отложениях и гидробионтах и, в частности, в органах и тканях рыб. Эти токсиканты представляют чрезвычайную опасность, поскольку длительно сохраняют свою активность и даже в малых концентрациях способны оказывать токсическое воздействие на водные организмы, вызывая тем самым различные нарушения их развития и жизнедеятельности [3].

Насыщение морской среды патогенными микроорганизмами создает реальную опасность для здоровья человека, который потребляет рыбу, моллюсков и водоросли в качестве важных и питательных компонентов своего рациона. Бактерии, широко распространенные в водной экосистеме, попадают в желудочно-кишечный тракт рыб и используют его в качестве экологической ниши. При этом

кишечная микрофлора является обязательной компонентой внутренней среды организма, необходимой для роста и развития рыб. В то же время представители индигенной флоры кишечника – это фактор риска для рыб с ослабленным иммунофизиологическим статусом, и данные микроорганизмы могут стать источником эндогенной инфекции. Способность бактерий интенсивно размножаться в кишечнике ослабленных особей нередко приводит к бактериальной транслокации с развитием системной бактериемии [4, 5].

Целью настоящей работы явилось изучение содержания токсичных элементов и микробиологических показателей в тканях некоторых видов рыб, обитающих в разных районах Черного моря, в разные сезоны.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на базе Государственного предприятия «Крымский научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации». Использовали ихтиологический материал, собранный сотрудниками отдела ихтиологии Института Биологии Южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины (ИнБЮМ).

Материалом исследования служила мышечная ткань массовых видов рыб: налим (*Gaidropsarus mediterraneus* L.), ставрида (*Trachurus mediterraneus* Staidachner), скорпена (*Scorpaena porcus* L.), султанка (*Mullus barbatus ponticus* Essipov), морской кот (*Raja clavata* L.), бычок-мартовик (*Mesogobius batrachocephalus* Pallas), отловленных в прибрежной части Черного моря (г. Севастополь, бухта Карантинная) в зимний период 2011 года и в районе Керченского пролива: бычок-кругляк (*Neogobius melanostomus* Pallas), пиленгас (*Mugil soiny*), ставрида (*Trachurus mediterraneus* Staidachner) в летний период 2012 года.

Токсичные элементы медь, свинец, кадмий, цинк, определяли в мышцах рыб атомно-абсорбционным методом [6]. Определение мышьяка и ртути колориметрическим методом [7, 8].

Микробиологические исследования проводили классическими методами, результаты сравнивали с уровнем предельно допустимых концентраций (ПДК) [9, 10, 11]. Результаты обрабатывали статистически [12, 13].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о том, что содержание токсичных элементов в мышечных тканях черноморских рыб варьирует в широких пределах, при этом не превышает предельно допустимых концентраций (табл. 1).

Уровень цинка колеблется в интервале от 4,3 до 5,2 мг/кг. Максимальное содержание цинка отмечено в мышечной ткани пелагической ставриды, а минимальное – в мышцах придонной султанки. Следует отметить, что уровень цинка незначительно варьирует в тканях рыб, и характер выявленных колебаний, видимо, в большей степени зависит от эндогенных факторов, чем от экзогенных. Это подтверждается данными других исследователей, которые на насекомых показали, что в силу высокой биофильности уровень цинка в тканях организма не может быть индикатором природного загрязнения [14].

Другим важнейшим биофильным элементом является медь, содержание которой также достаточно стабильно в тканях рыб. Наиболее высокий уровень меди установлен в мышечных тканях ставриды (3,60 мг/кг). У остальных видов концентрация меди в тканях колеблется в интервале от 1,03 мг/кг (в мышцах бычка-мартовика) до 2,5 мг/кг (в мышцах скорпены).

**Таблица 1**  
**Содержание токсичных элементов в мышечных тканях черноморских рыб**  
(мг/кг),  $\bar{x} \pm s_x$

| Объект исследований                   | Cu         | Pb        | Cd         | Zn       | As        | Hg         |
|---------------------------------------|------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|
| Район г. Севастополя (Б. Карантинная) |            |           |            |          |           |            |
| Налим                                 | 1,50±0,007 | 0,66±0,05 | 0,05±0,005 | 4,9±0,09 | 1,5±0,04  | 0,09±0,007 |
| Ставрида                              | 3,60±0,01  | 0,30±0,01 | 0,04±0,008 | 5,5±0,16 | 1,2±0,04  | 0,06±0,004 |
| Бычок-мартовик                        | 1,03±0,009 | 0,70±0,03 | 0,05±0,005 | 5,3±0,15 | 3,3±0,10  | 0,08±0,008 |
| Скорпена                              | 2,50±0,01  | 0,56±0,02 | 0,05±0,004 | 5,2±0,08 | 1,2±0,10  | 0,08±0,007 |
| Султанка                              | 1,48±0,008 | 0,60±0,02 | 0,06±0,008 | 4,3±0,10 | 1,3±0,05  | 0,06±0,005 |
| Морской кот                           | 1,42±0,006 | 0,65±0,04 | 0,06±0,007 | 4,9±0,11 | 4,5±0,16  | 0,30±0,01  |
| Керченский пролив                     |            |           |            |          |           |            |
| Бычок-кругляк                         | -          | 0,48±0,05 | 0,05±0,01  | -        | 0,71±0,09 | 0,06±0,004 |
| Пиленгас                              | -          | 0,16±0,02 | 0,05±0,01  | -        | 0,43±0,06 | 0,08±0,01  |
| ПДК                                   | 10,0       | 1,0       | 0,2        | 40,0     | 5,0       | 0,4        |

Примечание: «-» - не исследовали

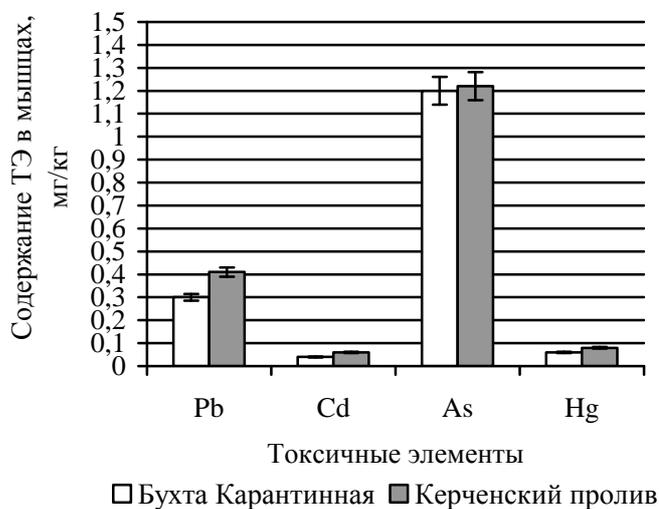


Рис. Содержание токсичных элементов в мышечных тканях ставриды, обитающей в разных акваториях Черного моря.

Цинк и медь, являясь эссенциальными микроэлементами, необходимы для жизнедеятельности организма и могут играть положительную роль для рыб при накоплении в физиологических пределах. В то же время медь является металлом с переменной валентностью и входит в состав некоторых оксидоредуктаз. В результате отдачи электронов может возникнуть окислительный стресс, который негативно влияет на обмен нуклеиновых кислот, соотношение нуклеотидов и нуклеозидов [14].

Содержание таких элементов, как кадмий, ртуть, свинец и мышьяк более низкое в тканях ставриды по сравнению с другими рыбами, ведущими менее активный образ жизни.

Уровень опасных токсикантов превалирует в тканях ставриды, обитающей в Керченском проливе, по сравнению с показателями этого вида из Карантинной бухты, но различия не значительны (рис.).

Свинец, ртуть и мышьяк являются одними из самых опасных токсикантов для гидробионтов. Накапливаясь в организме и включаясь в обмен, они крайне медленно выводятся и, тем самым вызывают интоксикацию у водных организмов, вовлекая в патологический процесс различные органы и ткани. Механизм токсического действия этих элементов заключается в блокировании функциональных SH-групп белков, что ингибирует ферменты, в результате чего в организме рыб происходит нарушение электролитного баланса, биосинтеза белков, гормонов и нуклеиновых кислот [15–17].

Высокие уровни свинца характерны для большинства видов рыб обитающих в Карантинной бухте (0,56 - 0,70 мг/кг), по сравнению с рыбами, отловленными в Керченском проливе (0,16 - 0,48 мг/кг).

Уровень мышьяка в мышечных тканях черноморских рыб существенно различается. Максимальные количества выявлены у типичного представителя хрящевых рыб - морского кота, ведущего донный образ жизни (4,5 мг/кг). Более низкая концентрация мышьяка отмечена в мышечных тканях бычка-мартовика. У остальных исследуемых видов содержание этого токсиканта слабо варьирует, при этом доминирует у рыб из Карантинной бухты.

Мышьяк обычно не накапливается в больших количествах в мягких тканях рыб, за исключением крайне загрязненных районов. Этот элемент попадает в ткани, скорее всего через пищеварительный тракт. Это означает, что на начальных стадиях метаболизма мышьяка могут участвовать кишечные микроорганизмы. Самоочищение от мышьяка протекает быстро. Мышьяк накапливается в большей степени в печени, почках, пищеварительном тракте, жабрах, чем в мышечной и нервной ткани [16].

Ртуть, также как и мышьяк, преобладает в тканях морского кота (0,3 мг/кг), у остальных видов рыб количество ртути находится в пределах 0,06-0,09 мг/кг.

Уровень кадмия варьирует в тканях рыб не значительно и находится в пределах 0,04-0,06 мг/кг. По данным литературы более низкие концентрации кадмия обнаружены в наружном скелете, мышцах и сыворотке рыб, а более высокое содержание этого металла обнаружено в жабрах, печени и почках [18].

Мониторинговые исследования микрофлоры морских гидробионтов представляют несомненный интерес, так как большинство бактерий, входящих в состав нормальной микрофлоры, относятся к категории условно-патогенных микроорганизмов, представляющих потенциальную опасность для хозяина.

Полученные данные свидетельствуют о том, что патогенные микроорганизмы не были выявлены в тканях рыб (табл. 2).

**Таблица 2**

**Содержание микроорганизмов в мышечных тканях черноморских рыб**

| Объект исследований                   | МАФАМ<br>КОЕ<br>в 1 г | БГКП<br>в 0,001 г | Патогенные<br>микроорганизмы,<br>в т.ч. бактерии<br>рода<br>сальмонелла,<br>в 25 г | <i>Staphylococcus<br/>aureus</i><br>в 0,01 г | <i>Listeria<br/>monocitogenes</i><br>в 25 г |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------|--|--|---|
| Район г. Севастополя (Б. Карантинная) |                       |                   |  |  |   |
| Скорпена                              | $1,7 \times 10^4$     | не<br>выявлены    | не<br>выявлены   | не<br>выявлен                                | не<br>выявлена                              |
| Налим                                 | $3,1 \times 10^4$     | не<br>выявлены    | не<br>выявлены   | не выявлен                                   | не<br>выявлена                              |
| Ставрида                              | $1,6 \times 10^4$     | не<br>выявлены    | не<br>выявлены   | не<br>выявлен                                | не<br>выявлена                              |
| Бычок-<br>мартовик                    | $1,5 \times 10^3$     | не<br>выявлены    | не<br>выявлены   | не<br>выявлен                                | не<br>выявлена                              |
| Морской кот                           | $1,7 \times 10^3$     | не<br>выявлены    | не выявлены  | не выявлен                                   | не<br>выявлена                              |
| Султанка                              | $1,2 \times 10^4$     | не<br>выявлены    | не<br>выявлены   | не<br>выявлен                                | не<br>выявлена                              |
| Керченский пролив                     |                       |                   |  |  |   |
| Ставрида                              | $3,5 \times 10^4$     | не<br>выявлены    | не<br>выявлены   | не<br>выявлен                                | не<br>выявлена                              |
| Бычок-<br>кругляк                     | $1,1 \times 10^4$     | не<br>выявлены    | не<br>выявлены   | не выявлен                                   | не<br>выявлена                              |
| Пиленгас                              | $3,1 \times 10^4$     | не<br>выявлены    | не<br>выявлены   | не<br>выявлен                                | не<br>выявлена                              |
| ПДК                                   | $5,0 \times 10^4$     | не допуск.        | не допуск.   | не допуск.                                   | не допуск.                                  |

Максимальное содержание мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов (МАФАМ), не превышающее ПДК, обнаружено в тканях пелагической ставриды, обитающей в керченском проливе ( $3,5 \times 10^4$ ). Нужно отметить, что отлов рыб в этом районе производили в летний период времени. Такое микробное заражение может быть связано с большим прогревом воды, а также возрастанием органической и биогенной составляющей в водотоках.

В мышечных тканях налима и пиленгаса уровень МАФАМ несколько ниже и составляет  $3,1 \times 10^4$  КОЕ в 1гр. Учитывая, тот факт, что данные виды отловлены в разных акваториях и в разное время, налима, вылов которого производили зимой, больше подвержен воздействию микроорганизмов, что может быть связано с образом жизни, характером питания этого вида, а так же воздействием антропогенной нагрузки на морскую акваторию.

Наиболее низкое количество МАФАМ отмечено в тканях бычка-мартовика и морского кота ( $1,5 \times 10^3 - 1,7 \times 10^3$ ), при этом количество опасных токсикантов в мышцах этих рыб высокое по сравнению с другими видами.

Микрофлора гидробионтов может изменяться в зависимости от времени года, особенности биологии рыб, уровня загрязнения среды обитания.

Большинство бактерий, обсеменяющих органы и ткани гидробионтов, не проявляют патогенных свойств, что позволяет рассматривать их в качестве индигенной микрофлоры, присутствие которой в организме рыб – это обычное бактерионосительство. При этом нельзя не учитывать, что условно-патогенные микроорганизмы, которые обычно являются комменсалами, при возникновении в окружающей среде стрессовой ситуации могут переходить к паразитическому существованию, становясь патогенными [5].

Таким образом, результаты исследований показывают, что в тканях донных видов рыб ртуть и мышьяк накапливаются в большей степени, а микробиологические показатели – в меньшей, что связано с питанием и образом жизни этих рыб, на которые влияют процессы накопления и скорость трансформации загрязняющих веществ в донных грунтах. Уровень цинка и меди превалирует в тканях пелагической ставриды. Увеличение численности МАФАМ в тканях ставриды и пиленгаса летом может быть обусловлено повышением температуры воды до величин, оптимальных для развития патогенной микрофлоры.

На основании проведенных исследований можно заключить, что химическое и микробное загрязнение в целом отражает уровень антропогенного воздействия на морские акватории. Изучаемые параметры могут служить индикаторами состояния и жизнедеятельности рыб, а также среды их обитания, подвергающейся неблагоприятным воздействиям, в том числе и хроническому загрязнению. Анализируемые показатели могут быть использованы в мониторинговых программах, для разработки критериев экологического нормирования и прогнозирования последствий антропогенного воздействия на морские акватории.

## ВЫВОДЫ

1. Высокое содержание ртути (0,08 и 0,30 мг/кг) и мышьяка (3,3 и 4,5 мг/кг) отмечено в мышечных тканях бычка-мартовика и морского кота, ведущих донный образ жизни, при этом микробное загрязнение у данных видов значительно ниже, чем у других исследуемых рыб.
2. Установлено более высокое содержание цинка (5,5 мг/кг) и меди (3,6 мг/кг) в тканях пелагической ставриды.

3. Высокие уровни свинца и мышьяка характерны для большинства видов рыб, обитающих в бухте Карантинной, по сравнению с рыбами, отловленными в Керченском проливе.
4. Выявлен разный уровень микробного загрязнения исследуемых видов рыб, зависящий от сезона, особенностей их биологии, антропогенной нагрузки на морские акватории.

Автор выражает благодарность ведущему научному сотруднику отдела ихтиологии ИнБЮМ НАН Украины, д.б.н. Рудневой И.И. за консультацию, ценные замечания и рекомендации, сотрудникам отдела ихтиологии: к.б.н. Кузьминовой Н.С., к.б.н. Скуратовской Е.Н., ведущему инженеру Завьялову А.В., за помощь в классификации и проведении биологического анализа исследуемых рыб.

#### Список литературы

1. Гордина А.Д. Реакция ихтиопланктона портовых зон Черного моря на антропогенное воздействие / А.Д. Гордина, А.В. Ткач, С.Д. Свирикова // Гидробиологический журнал. – 1999. – Т. 35, № 4. – С. 10–16.
2. Красновид И.И. Экологическое состояние внутренних вод города Севастополя / И.И. Красновид, Б.А. Озюменко // Сборник научных трудов специалистов сан. эпид. службы г. Севастополя. – 2002. – Вып. 7. – С. 26–33.
3. Брагинский Л.П. К методике токсикологического эксперимента с тяжелыми металлами на гидробионтах / Л.П. Брагинский, П.Н. Линник // Гидробиологический журнал. – 2003. – Т. 39, № 1. – С. 92–104.
4. Симчук Г.В. Оценка микробного загрязнения морской воды и массовых видов рыб прибрежной части Черного и Азовского морей / Г.В. Симчук, В.Л. Зубаченко, С.О. Омельченко [и др.] // Вісник Одеського національного університету. Серія: Біологія. – 2005. – Т. 10. – Вып. 7. – С. 201–207.
5. Руднева И.И. Сезонная динамика уровня микробного загрязнения прибрежных видов черноморских рыб / И.И. Руднева, И.Н. Залевская, С.О. Омельченко // Ветеринарна медицина. – 2008. – № 90. – С. 357–363.
6. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: ГОСТ 30178-96. – [Действующий от 1998-01-01]. – М.: Ин-т пит. РАМН, 1998. – 12 с. – (Межгосударственный стандарт).
7. Сырье и продукты пищевые. Методы определения токсичных элементов: ГОСТ 26929-86, ГОСТ 26930-86 – ГОСТ 26934-86. – [Действующий от 1989-01-07]. – М.: Ин-т пит. РАМН, 1986. – С. 3–81. – (Государственный стандарт Союза ССР).
8. Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути. ГОСТ 26927-86. [Действующий от 1989-01-07]. – М.: Ин-т пит. РАМН, 1986. – С. 3–15. – (Государственный стандарт Союза ССР).
9. Методичні вказівки «Визначення мікробіологічних показників під час проведення санітарно-мікробіологічного контролю виробництва продукції із риби та інших водних живих ресурсів на підприємствах та судах» МВ № 15.2.–5.3–004:2007, затверджені Державним комітетом рибного господарства України 24.12.2007 р.
10. Методичні вказівки «Санітарно-мікробіологічний контроль виробництва продукції із риби та інших водних живих ресурсів на підприємствах та судах» МВ № 15.2.–5.3–001:2006, затверджені Державним комітетом рибного господарства України 24.12.2007 р.
11. Методичні вказівки «Організація контролю і методи виявлення бактерій *Listeria monocitogenes* у харчових продуктах та продовольчій сировини» МВ 10.10.2.2.–132–2006, затверджені Наказом МОЗ України від 11.08.2006 р., № 559.
12. Боровиков В.П. Популярное введение в программу Statistica / Боровиков В.П. – М.: Компьютер Пресс, 1998. – 650 с.
13. Лакин Г.Ф. Биометрия / Лакин Г.Ф. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

14. Коваленко В.Ф. Особенности обменных процессов у рыб в условиях воздействия сублетальных концентраций меди и цинка / В.Ф. Коваленко // Гидробиологический журнал. – 2004. – Т. 40, № 2. – С. 97–103.
15. Добровольский В.В. Свинец в окружающей среде / Добровольский В.В. – М.: Высшая школа, 1987. – 123 с.
16. Гамаюрова В.С. Мышьяк в экологии и биологии / Гамаюрова В.С. – М.: Наука, 1993. – 205 с.
17. Трахтенберг И.М. Ртуть и её содержания в окружающей среде / И.М. Трахтенберг, М.Н. Коршун. – К.: Вища школа, 1990. – 229 с.
18. Линник П.Н. Кадмий в поверхностных водах: содержание, формы нахождения, токсическое действие / П.Н. Линник, И.В. Искра // Гидробиологический журнал. – 1997. – Т. 33, № 6. – С. 72–87.

**Омельченко С.О. Екоотоксикологічна оцінка деяких видів чорноморських риб / С.О. Омельченко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 144-151.**

Досліджували вміст токсичних елементів і мікробіологічних показників 8 видів риб, які мешкають в різних акваторіях Чорного моря та Керченської протоки. Отримані дані свідчать про те, що ртуть і миш'як преважують в тканинах донних видів риб, а цинк і мідь – в тканинах пелагічної ставриди. Мікробіологічні показники залежать від сезону, особливостей біології риб, рівня забруднення середовища існування.

**Ключові слова:** риби, Чорне море, Керченська протока, токсичні елементи, мікробіологічні показники.

**Muravjova I.P. Lipid-hydrocarbon composition of *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) from hudrotechnical constructions of the Artilleriskaya Bay (Sevastopol, the Black Sea) / I.P. Muravjova, T.O. Mironova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 144-151.**

The content of toxic elements and microbiological parameters of 8 species of fish found in different areas of the Black Sea and the Kerch Strait. The data indicate that mercury and arsenic prevail in the tissues of ground fish, and zinc and copper – in the tissues of pelagic mackerel. Microbiological parameters depend on the season, the characteristics of fish biology, pollution of the environment.

**Keywords:** fish, the Black Sea, the Kerch Strait, toxic elements, microbiological indicators.

*Поступила в редакцію 14.11.2012 г.*

**УДК 612.729/839.8**

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЩЕЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ  
НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМНЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА ДЕВУШЕК  
18-22 ЛЕТ**

*Панова С.А., Кириллова А.В., Янцев А.В., Алиева З.К.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: kyryllova.alla@mail.ru*

Установлено, что выраженность функциональных системных реакций организма девушек 18-22 лет определяется уровнем двигательной активности. Оптимальный уровень адаптации прослеживается при средней двигательной активности.

**Ключевые слова:** двигательная активность, функциональная система реакций, функциональная возможность, выносливость, устойчивость реакции, мышечная сила, адаптация.

**ВВЕДЕНИЕ**

Адаптация организма к постоянно изменяющимся условиям среды – безостановочно происходящий процесс приспособления организма, призванный сохранять в нем гомеостатическое равновесие. Физиологический смысл адаптации организма заключается именно в поддержании гомеостаза и, соответственно, жизнеспособности организма практически в любых условиях, на которые он способен адекватно реагировать [1].

Организм человека, даже в достаточно короткие промежутки времени, подвержен достаточной изменчивости в связи с его динамически меняющимися функциональными состояниями [2]. Законы адаптации человеческого организма с учетом его генотипических и фенотипических особенностей являются определяющими в формировании тех или иных результатов любой деятельности человека [3–5].

Адаптационно-приспособительная деятельность требует затрат энергии и информации, в связи с чем можно говорить о «цене» адаптации, которая определяется степенью перенапряжения регуляторных механизмов и величиной расходованных функциональных резервов [6].

Студенческие годы – один из важнейших этапов в становлении человека как активного члена общества. В этот период завершается развитие физиологических систем, в том числе и двигательного аппарата. Вот почему в эти годы должна быть создана прочная основа для укрепления здоровья и физического совершенствования человека. При этом необходимо учитывать половые и индивидуальные особенности студентов, а также резервные возможности их организма на данном этапе

функционального развития. Такой подход оградит практику физического воспитания от применения или недостаточных или чрезмерных нагрузок

В связи с этим целью данной работы было изучение воздействия общей двигательной активности на функциональные системные реакции организма девушек 18-22 лет.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании принимали участие 29 человек. Обследованные представляли собой однородную социальную группу, в которую входили студенты от 18 до 22 лет женского пола.

Исследование простой зрительно-моторной реакции и мышечной выносливости проводились с помощью программы НейроСофт 2003 и НС-Психо Тест 2002-2004.

Были определены 3 показателя:

Функциональный уровень системы (ФУС) — определяется абсолютным значением времени простой зрительной реакции;

Устойчивость реакции (УР) — обратно пропорциональна показателю рассеивания времени реакции. Он характеризует устойчивость состояния центральной нервной системы (ЦНС);

Уровень функциональной возможности (УФВ) — позволяет судить о способности обследуемого формировать адекватную заданию функциональную систему и достаточно длительно ее удерживать.

Все три количественных критерия, позволяют характеризовать с различных сторон текущее состояние ЦНС [7].

С помощью прибора «Шагомер» измерялось количество пройденных шагов за сутки. Шагомер автоматически вычисляет количество пройденных километров и калорий.

Экспериментальные данные были статистически обработаны с помощью программы « Statistica 5.5». Использовался корреляционный критерий Спирмена и монофакторный дисперсионный анализ.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В эксперименте участвовали 29 человек женского пола. Выборку разделили на 3 группы: с низкой, средней и высокой двигательной активностью.

Проводили сравнительный анализ групп с разной двигательной активностью по критерию Фишера и определяли корреляционную зависимость в исследуемых группах.

Проведенный монофакторный дисперсионный анализ изучаемых показателей в группах с низкой и средней двигательной активностью выявил достоверные различия по следующим показателям: устойчивости реакции  $1,40 \pm 0,24$  и  $1,72 \pm 0,11$  (усл. ед.); мышечной силе  $28,5 \pm 2,82$  и  $28,33 \pm 1,27$  (кг) (табл.1).

**Таблица 1**

**Сравнительная характеристика изучаемых показателей в группах с низкой и средней двигательной активностью**

| Группы                             | Низкая            |                | Средняя           |                | F   | P     |
|------------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-----|-------|
|                                    | х±х               | Дисперсия<br>σ | х±х               | Дисперсия<br>σ |     |       |
| Шаги                               | 3323,6±<br>443,83 | 1378865        | 7226,1±<br>438,66 | 2886354        | 2,1 | <0,05 |
| Функциональный уровень             | 4,31±0,16         | 0,19           | 4,47±0,08         | 0,1            | 1,9 | >0,05 |
| Устойчивость реакции               | 1,40±0,24         | 0,41           | 1,72±0,11         | 0,19           | 2,2 | <0,05 |
| Уровень функциональной возможности | 2,95±0,26         | 0,47           | 3,29±0,13         | 0,25           | 1,9 | >0,05 |
| Мышечная сила                      | 28,5±2,82         | 55,83          | 28,33±1,27        | 24,24          | 2,3 | >0,05 |
| Выносливость                       | 95,94±1,18        | 9,76           | 94,83±1,21        | 21,95          | 2,3 | <0,05 |

При проведении монофакторного дисперсионного анализа в группах с низкой и высокой двигательной активностью выявили достоверные различия по следующим показателям: уровень функциональной возможности 2,95±0,26 и 2,66±1,11 (усл.ед); мышечной силы 28,5±2,82 и 26,5±2,67 (кг); выносливости 95,94±1,18 и 93,02±10,80 (кг) ( табл.2).

**Таблица 2**

**Сравнительная характеристика изучаемых показателей в группах с низкой и высокой двигательной активностью**

| Группы                             | Низкая            |                | Высокая              |                | F     | P     |
|------------------------------------|-------------------|----------------|----------------------|----------------|-------|-------|
|                                    | х±х               | Дисперсия<br>σ | х±х                  | Дисперсия<br>σ |       |       |
| Шаги                               | 3323,6±<br>443,83 | 1378865        | 12389,63±<br>1916,62 | 3673436        | 2,66  | >0,05 |
| Функциональный уровень             | 4,31±0,16         | 0,19           | 3,82±1,55            | 2,40           | 12,63 | <0,01 |
| Устойчивость реакции               | 1,40±0,24         | 0,41           | 1,28±0,58            | 0,33           | 1,24  | <0,05 |
| Уровень функциональной возможности | 2,95±0,26         | 0,47           | 2,66±1,11            | 1,23           | 2,62  | <0,05 |
| Мышечная сила                      | 28,5±2,82         | 55,83          | 26,5±2,67            | 7,14           | 7,82  | <0,01 |
| Выносливость                       | 95,94±1,18        | 9,76           | 93,02±10,80          | 116,54         | 11,94 | <0,01 |

При анализе изучаемых показателей в группах с высокой и средней двигательной активностью выявлены достоверные различия по следующим показателям: функциональный уровень системы 3,82±1,55 и 4,47±0,08 (усл.ед);

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЩЕЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ...**

устойчивости реакции  $1,28 \pm 0,58$  и  $1,72 \pm 0,11$  (усл.ед); уровню функциональных возможностей  $2,66 \pm 1,11$  и  $3,29 \pm 0,13$  (усл.ед); мышечной силы  $26,5 \pm 2,67$  и  $28,33 \pm 1,27$  (кг); выносливости  $93,02 \pm 10,80$  и  $28,33 \pm 1,27$  (кг) (табл.3).

**Таблица 3**  
**Сравнительная характеристика исследуемых показателей в группах с высокой и средней двигательной активностью**

| Группы                             | Высокая                |                         | Средняя              |                         | F    | P       |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|------|---------|
|                                    | $\bar{x} \pm \sigma$   | Дисперсия<br>$\sigma^2$ | $\bar{x} \pm \sigma$ | Дисперсия<br>$\sigma^2$ |      |         |
| Шаги                               | $12389,63 \pm 1916,62$ | 3673436                 | $7226,1 \pm 438,66$  | 2886354                 | 1,27 | $>0,05$ |
| Функциональный уровень             | $3,82 \pm 1,55$        | 2,40                    | $4,47 \pm 0,08$      | 0,1                     | 24   | $<0,01$ |
| Устойчивость реакции               | $1,28 \pm 0,58$        | 0,33                    | $1,72 \pm 0,11$      | 0,19                    | 2,0  | $<0,05$ |
| Уровень функциональной возможности | $2,66 \pm 1,11$        | 1,23                    | $3,29 \pm 0,13$      | 0,25                    | 4,8  | $<0,05$ |
| Мышечная сила                      | $26,5 \pm 2,67$        | 7,14                    | $28,33 \pm 1,27$     | 24,24                   | 3,8  | $<0,05$ |
| Выносливость                       | $93,02 \pm 10,80$      | 116,54                  | $94,83 \pm 1,21$     | 21,95                   | 5,4  | $<0,05$ |

Наиболее высокие значения показателей функционального уровня, устойчивости реакции, уровня функциональной возможности и мышечной силы были выявлены в группе со средней двигательной активностью, а наиболее низкие в группе с высокой двигательной активностью, что можно объяснить общим истощением организма чрезмерными физическими нагрузками, дизадаптацией, так как биосоциальная плата за адаптацию к интенсивным нагрузкам вышла за пределы физиологических резервов организма [8–10].

Изучение корреляционной зависимости исследуемых показателей в группе с низкой двигательной активностью выявило высокую корреляционную зависимость между функциональным уровнем системы и уровнем функциональных возможностей ( $r=0,90$  при  $p<0,01$ ); между устойчивостью реакции и функциональным уровнем системы ( $r=0,87$  при  $p<0,01$ ); между устойчивостью реакции и уровнем функциональных возможностей ( $r=0,82$  при  $p<0,01$ ); между уровнем функциональных возможностей и устойчивостью реакции ( $r=0,84$  при  $p<0,01$ ) (табл.4).

Исследование корреляционной зависимости в группе со средней двигательной активностью позволило выявить высокую положительную корреляцию между уровнем функциональной возможности и устойчивостью реакции ( $r=0,99$  при  $p<0,01$ ); функциональным уровнем системы и уровнем функциональных возможностей ( $r=0,89$  при  $p<0,01$ ); функциональным уровнем системы и выносливостью ( $r=0,87$  при  $p<0,01$ ); устойчивостью реакции и

выносливостью ( $r=0,81$  при  $p<0,01$ ); уровнем функциональных возможностей и выносливостью ( $r=0,80$  при  $p<0,01$ ) (табл.5).

**Таблица 4.**

**Характеристика корреляционной зависимости в группе с низкой двигательной активностью**

| Показатели   | N | Коэффициент Спирмена | t(N-2) | p     |
|--|---|----------------------|--------|-------|
| Функциональный уровень системы и уровень функциональных возможностей | 7 | 0,9                  | 20,0   | <0,01 |
| Устойчивость реакции и функциональный уровень системы                | 7 | 0,87                 | 16,12  | <0,01 |
| Устойчивость реакции и уровень функциональных возможностей           | 7 | 0,82                 | 14,62  | <0,01 |
| Уровень функциональных возможностей и устойчивость реакции           | 7 | 0,84                 | 15,42  | <0,01 |

**Таблица 5.**

**Характеристика корреляционной зависимости в группе со средней двигательной активностью**

| Показатели   | N  | Коэффициент Спирмена | t     | p     |
|--|----|----------------------|-------|-------|
| Функциональный уровень системы и выносливость                        | 15 | 0,87                 | 6,26  | <0,01 |
| Устойчивость реакции и выносливость                                  | 15 | 0,81                 | 4,72  | <0,01 |
| уровень функциональных возможностей и функциональный уровень системы | 15 | 0,89                 | 6,97  | <0,01 |
| Уровень функциональных возможностей и устойчивость реакции           | 15 | 0,99                 | 20,45 | <0,01 |
| Уровень функциональных возможностей и выносливость                   | 15 | 0,8                  | 4,73  | <0,01 |

Исследование корреляционной зависимости в группах с высокой двигательной активностью выявило высокую положительную зависимость между функциональным уровнем системы и количеством шагов ( $r=0,83$  при  $p<0,01$ ), функциональным уровнем системы и уровнем функциональных возможностей ( $r=0,83$  при  $p<0,01$ ), уровнем функциональных возможностей и устойчивостью реакции ( $r=0,91$  при  $p<0,01$ ) (табл.6).

**Таблица 6.  
Характеристика корреляционной зависимости в группе с высокой двигательной активностью**

| Показатели   | N | Коэф.<br>Спирмена | t    | p     |
|--|---|-------------------|------|-------|
| Функциональный уровень системы и шаги                                | 8 | 0,83              | 3,59 | <0,01 |
| Функциональный уровень системы и уровень функциональных возможностей | 8 | 0,83              | 3,69 | <0,01 |
| Уровень функциональных возможностей и устойчивость реакции           | 8 | 0,91              | 5,2  | <0,01 |

Во всех 3-х группах с разной двигательной активностью выявлена одинаковая положительная корреляционная зависимость функционального уровня системы и уровня функциональных возможностей, уровня функциональных возможностей и устойчивостью реакции. Следовательно, во всех изучаемых группах взаимосвязаны уровень функциональных возможностей, функциональный уровень системы и устойчивость реакции, что подтверждает высказывания ряда авторов [11–13] о том, что постоянство действия стандартных факторов обязательное условие полноценного формирования любой функциональной системы.

### **ВЫВОДЫ**

1. Установлено, что наиболее высокие показатели функционального уровня системы, устойчивости реакции, уровня функциональных возможностей выявлены для группы со средней двигательной активностью.
2. Установлена положительная корреляция во всех изучаемых группах между 3-мя показателями: уровнем функциональных возможностей, функциональным уровнем системы и устойчивостью реакции

### **Список литературы**

1. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем / П.К. Анохин.- М.:Медицина, 1975.- 477с.
2. Озолин Н.Г. Легкая атлетика / Озолин Н.Г., Воронкина В.И., Примакова Ю.Н. // Физкультура и спорт. - 1999. - С.315.

3. Павлов С.Е. Теория адаптации и теория спортивной тренировки / С.Е. Павлов // Материалы XVI Всесоюзной научно-практической конференции «Актуальные проблемы совершенствования системы подготовки спортивного резерва». - Москва 5-7 октября, 1999. - С.65-67.
4. Павлов С.Е. Адаптация / С.Е. Павлов. - М., Паруса, 2000. - 282с.
5. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте / В.Н. Платонов. - Киев: Олимпийская литература, 1997.- 583с.
6. Профессиональная и медицинская реабилитация спасателей / [ Гончаров С.Ф., Ушаков И.Б., Лядов К.В., Преображенский В.Н.]. - М.: «Паритет Граф», 2002.-210с.
7. Нейрофизиологические исследования экспертизе трудоспособности / Под. Ред. А.М. Зимкиной, В.И. Климовой. - Л.»Медицина», 1978. - 235с.
8. Зеличенко В.Б. Легкая атлетика: Критерии отбора / Зеличенко В.Б., Никитушкин В.Г., Губа В.П. - М.: Terra-Спорт, 2000. - 238с.
9. Солодков А.С. Адаптация в спорте: теоретические и прикладные аспекты / А.С. Солодков // Теория и практика физической культуры. - 1990. - №5. - С.3-6.
10. Солодков А.С. Адаптация в спорте: состояние, проблемы, перспективы / А.С. Солодков // Физиология человека. - 2000. - Т.26, №6. - С.87-93.
11. Павлов С. Е. Адаптация и стресс в спорте / С.Е. Павлов, Т.Н. Кузнецова // Сб. ст. «Актуальные вопросы медицинской реабилитации в современных условиях». - М., 1999. - С.307-312.
12. Платонов В.Н. Адаптация в спорте / В.Н. Платонов. - Киев: Здоров'я, 1998. - 216с.
13. Сокунова С.Ф. Контроль за уровнем выносливости спортсменов / С.Ф. Сокунова // Теория и практика физической культуры.- 2002. - №8. - С.56-59.

**Панова С.А. Вплив загальної рухової активності на функціональні системні реакції організму дівчат 18-22 років / С.А. Панова, А.В. Кириллова, А.В. Янцев, З.К. Алиева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 152-158.**

В експериментах з дівчатами 18-22 років встановлено, що найбільш високі показники функціонального рівня системи, стійкості реакції і рівня функціональних можливостей властиві випробуванім з середньою руховою активністю. Виявлена достовірна позитивна кореляція між цими показниками у всіх досліджуваних групах, що розрізняються за рівнем рухової активності.

**Ключові слова:** рухова активність, функціональна система реакцій, функціональна можливість, витривалість, стійкість реакції, м'язова сила, адаптація.

**Panova S.A. Influence of physical activity on functional systemic reactions of girls 18-22 years / S.A. Panova, A.V. Kirillova, A.V. Yancev, Z.K.. Aliyev // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 152-158.**

In experiments with girls 18-22 years found that the highest rates of system functional level, reaction stability and level of functionality inherent in subjects with average physical activity. There was a significant positive correlation between these indicators in all studied groups, differing in level of motor activity.

**Keywords:** physical activity, functional system reactions, functional ability, endurance, stability reactions, muscle.

*Поступила в редакцію 24.11.2012 г.*

УДК 543.635.24:612.1-074

## АНАЛІЗ ЗАРЯДЖЕНОЇ ФРАКЦІЇ ВІЛЬНИХ ОЛІГОСАХАРИДІВ ПЛАЗМИ КРОВІ ПРАКТИЧНО ЗДОРОВИХ ДОНОРІВ

*Письменецька І.Ю.<sup>1</sup>, Баттерс Т.Д.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Дніпропетровська державна медична академія, Дніпропетровськ, Україна*

<sup>2</sup>*Інститут глікобіології Оксфордського університету, Оксфорд, Велика Британія*

*E-mail: pirina2004@list.ru*

Вільні олігосахариди плазми крові містять як нейтральні, так і заряджені (кислі) глікани у своєму складі. Дана стаття присвячена вивченню будови кислих вільних олігосахаридів з використанням ферментативної деградації сіалідазою і порівнянням із олігосахаридами відомої структури - гліканами трансферину. Головний пік заряджених вільних олігосахаридів плазми крові практично здорових донорів містив сіалований двохантений N- глікан. У фракції з меншою молекулярною масою також були виявлені сіаловані вільні олігосахариди. Крім того, положення деяких піків ВЕРХ-спектрів не змінювалося при обробці гліканів сіалідазою, що може свідчити про те, що їх негативний заряд обумовлений присутністю залишків кислот, відмінних від сіалової, наприклад, фосфорної.

**Ключові слова:** заряджені вільні олігосахариди, ВЕРХ-спектри гліканів, розщеплення сіалідазою, плазма крові людини.

### ВСТУП

Заряджена фракція вільних олігосахаридів (ВО) – незв'язаних аналогів гліканів глікокон'югатів – може мати три внутрішньоклітинних джерела: ендоплазматичний ретикулум (ЕР), апарат Гольджі та лізосоми [1-3].

У ендоплазматичному ретикулумі заряджені (кислі) ВО виникають на початкових етапах N-глікозилування, а саме при синтезі глікана-попередника ( $\text{Glc}_3\text{Man}_9\text{GlcNac}_2$ ) на ліпіді - доліхолфосфаті, який відбувається спочатку на цитоплазматичному боці мембрани ЕР до стадії утворення базового глікана  $\text{Man}_5\text{GlcNac}_2$ , а потім продовжується всередині ЕР. Глікан-попередник утворюється шляхом поетапного переносу залишків моносахаридів з їх активованих форм (УДФ-N-ацетилглюкозаміну, ГДФ-манози та УДФ-глюкози) на ліпід за допомогою відповідних трансфераз. Відомо, що кількість синтезованого глікана-попередника завжди більше, ніж потрібно для переносу на поліпептидний ланцюг білка, що синтезується у ЕР[1]. Тому надлишки олігосахаридів у вигляді фосфорильованого  $\text{Glc}_3\text{Man}_9\text{GlcNac}_2$ , а також його попередників відщеплюються від доліхолфосфату, що й призведе до появи вільних олігосахаридів. Фосфорильовані глікани з'являються тому, що розрив між ліпідом та гліканом відбувається під дією пірофосфатази, яка гідролізує зв'язок між двома залишками фосфорної кислоти. Один з них залишається на доліхолі, а інший – на глікані.

Інше можливе джерело заряджених ВО – це мідіум- та транс-компарменти апарату Гольджі. Але інформації щодо цього шляху виникнення вільних гліканів ще немає у наукових публікаціях. Теоретично ця органела клітини може постачати іншу групу заряджених ВО – сіальовані глікани [1, 2].

Більш вивченим постачальником сіальованих вільних олігосахаридів є лізосоми [3], де розщеплюються різноманітні глікокон'югати (глікопротеїни, гліколіпіди, протеоглікани). Лізосомальна деградація вуглеводного компонента глікопротеїнів починається тільки після повного протеолізу білкової частини лізосомальними катепсинами, коли глікан залишається приєднаним лише до останньої амінокислоти. У разі N-глікопротеїнів це аспарагін. Дія глікозидаз строго детермінована. Першими діють  $\alpha$ -фукозидази, що відщеплюють залишки фукози від кору та антен глікану. Після цього аспартіл-N-ацетилглюкозамінідаза відщеплює залишок аспарагіну і виникає вільний олігосахарид. Якщо розщеплюється сіальований двохантений комплексний N-глікан, то це буде саме його вільна форма з двома залишками N-ацетилглюкозаміну. Потім ендо-N-ацетилглюкозамінідаза відщеплює один залишок N-ацетилглюкозаміну і виникає вільний сіальований двохантений N-глікан з одним залишком N-ацетилглюкозаміну. І тільки після цього починає діяти сіалідаза, яка відщеплює один, а потім інший залишок сіалової кислоти, що на першій стадії сприяє появленню вільного двохантеного комплексного N-глікану з одним залишком сіалової кислоти. У разі деградації гліканів з більш складною структурою, наприклад, з великою кількістю антен, з'являються заряджені ВО з відповідною будовою.

Ці знання про внутрішньоклітинні ВО суттєво допомагають для передбачення можливих структур вільних гліканів біологічних рідин та розробки стратегії їх аналізу.

У попередніх дослідженнях нами були отримані хроматографічні спектри вільних олігосахаридів плазми крові практично здорових донорів [4], а також їх нейтральної та зарядженої фракції [5]. Крім того, було запропоновано можливі структури гліканів різних піків спектру на основі застосування відкритої інформації та електронних баз даних [6]. Мета даної роботи - експериментально перевірити теоретично передбачену будову зарядженої фракції за допомогою порівняння її із гліканами з відомою структурою та часткового ферментативного гідролізу.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Плазма крові практично здорових донорів (n=10) була зібрана у Дніпропетровській медичній академії. Донори були у віці від 46 до 52 років.

У роботі застосовували реактиви фірм VWR International та Sigma-Aldrich.

Депротейнізацію нативної плазми проводили шляхом осадження білків 10% трихлороцтовою кислотою (ТХО) з наступним центрифугуванням впродовж 10 хвилин при 3000 об/хв. [7]. Залишки білків з плазми вилучали шляхом фільтрації за допомогою фільтру з гідрофільною поліфлуороетиленовою (PTFE) мембраною (Millex-LH, 0.45  $\mu$ m, Millipore Corp., США) згідно [8]. Для вилучення глюкози з біологічної рідини застосовували адсорбційну хроматографію на пористому графіті

з використанням колонки PGC (Thermo Electron Corp., Runcorn, UK) на 1мл (25мг/мл) згідно з методикою [8].

Вільні олігосахариди маркували 2-амінобензойною (антраніловою) кислотою - 2-АА (Sigma - Poole, Dorset, Велика Британія) згідно з методикою, наведеною у роботі Neville D.C.A. et.al. [9]. Очищення 2-АА-маркованих олігосахаридів проводили шляхом твердофазної екстракції на колонках Speed SPE Cartridges Amide-2, (Applied Separations, США) [8].

Марковані глікани поділяли на нейтральні та заряджені іонообмінною хроматографією на QAE- Sephadex (Q25-120) після нанесення їх на колонку та промивки Milli-Q™ H<sub>2</sub>O шляхом елюції нейтральних гліканив оцтовою кислотою, а заряджених - амоній ацетатом згідно з Neville D.C.A. et al.[9].

Аналіз маркованих олігосахаридів проводили шляхом нормальнофазової високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) на хроматографі фірми Waters (Велика Британія) з колонкою 4.6x250-mm TSK gel-Amide 80 (Anachem, Luton, Beds, Велика Британія) згідно з методикою, наведеною у роботах Neville D.C.A. et.al. [9, 10]. Хроматографічні піки характеризували у глюкозних одиницях (ГО) шляхом порівняння із глюкозними олігомерами частково гідролізованого декстрану в якості зовнішнього стандарту згідно з Neville D.C.A. et al.[9].

Для вивчення структури марковані глікани розщеплювалися сіалідазою (*Artrobacter ureafaciens*, OGS, Велика Британія) згідно з інструкцією до ферменту. 100 мкл 2-АА-маркованих гліканив висушували за допомогою вакуумного концентратора SPD SpeedVac (Thermo Scientific), ресуспендували у 5 мкл необхідного для роботи сіалідази буфера, додавали 5 мкл сіалідази та інкубували при 37°C впродовж не менш ніж 18 годин. Очищення гліканив від сіалідази проводили із застосуванням центрифугування крізь колонку Microcon з фільтром Amicon®Ultra 0.5 ml Centrifugal Filter (Millipore). Колонку заздалегідь промивали 100 мл Milli-Q™ H<sub>2</sub>O, центрифугували впродовж 10 хв. при 15000 об/хв. та переносили у чисту пробірку. До суміші гліканив з сіалідазою додавали 90 мкл Milli-Q™ H<sub>2</sub>O та переносили на колонку Microcon, центрифугували впродовж 10 хв. при 15000 об/хв. Наносили на колонку Microcon додаткові 100 мл Milli-Q™ H<sub>2</sub>O та центрифугували ще впродовж 10 хв. при 15000 об/хв. Зразок висушували вакуумним концентратором SPD SpeedVac (Thermo Scientific) та ресуспендували у 100 мкл Milli-Q™ H<sub>2</sub>O.

Для збору та обробки даних застосовували комп'ютерні програми Waters Millennium чи Waters Empower, Peak Time та Microsoft Office Excel 2003.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Попередні дослідження авторів виявили у складі вільних олігосахаридів плазми крові практично здорових донорів невелику за концентрацією піків та їх кількістю фракцію заряджених (кислих) гліканив [5]. Досліджували олігосахариди, що мали у своєму складі 4 та більше моносахаридних залишків, тому аналізували ВЕРХ-спектри у відрізок часу від 20 до 45 хвилин. Фракція заряджених ВО мала на цьому відрізок 2 головних піки: I – 4,28±0,006 ГО, II – 8,62±0,02 ГО та декілька значно менших піків між ними. Перший пік мав подпіки (1,2,3), а форма другого (4)

свідчила про вірогідну наявність лише однієї структури глікану у його складі (рис.1, А). Порівняння характеристик отриманих піків з характеристиками піків внутрішньоклітинних вільних олігосахаридів, що наведені у наукових публікаціях [8], та гліканів глікопротеїнів, які зібрано у електронних базах даних, дозволило припустити, що у складі другого піку може бути двохантений комплексний N-глікан з двома залишками сіалової кислоти [6].

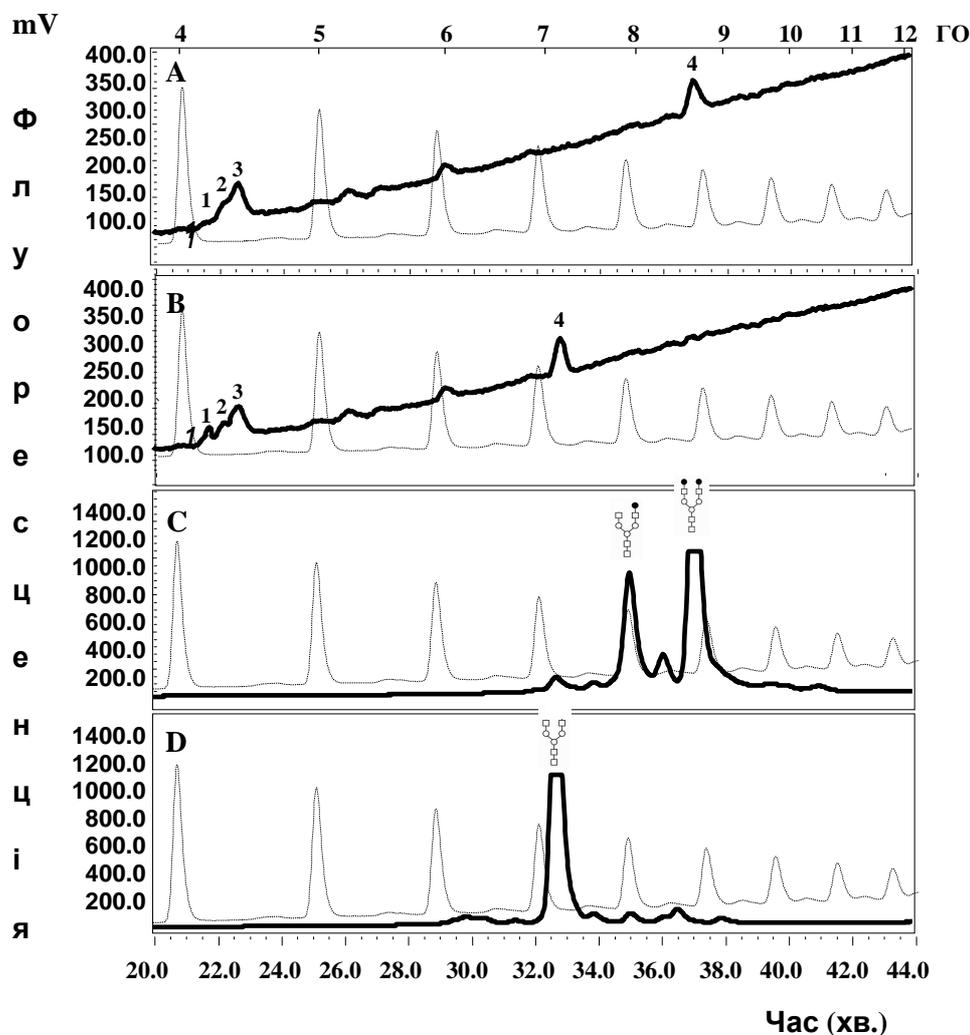


Рис.1. ВЕРХ-спектри заряджених вільних олігосахаридів плазми крові практично здорових донорів (А,В, суцільна лінія) в порівнянні з ВЕРХ-спектрами глікана трансферину (С, D, суцільна лінія)  
 А – глікани плазми до перетравлення ферментом, В – глікани плазми після перетравлення ферментом, С – глікани трансферину до перетравлення ферментом, D – глікани трансферину після перетравлення ферментом, ВЕРХ-спектри зовнішнього стандарту – частково гідролізованого декстрану (пунктирна лінія)

Спрогнозувати структури гліканів першого піку значно складніше. Три підпіки вказують на наявність щонайменш 3 різних ВО. Мала кількість залишків моносахаридів (4-5) у їх складі та детермінована послідовність дії лізосомальних глікозидаз при деградації гліканів вказують на те, що вірогідніше це залишки сіалованих О-гліканів чи фосфорильованих N-гліканів з початкових ступенів синтезу глікана-попередника.

Для перевірки цієї гіпотези провели розщеплення фракції кислих ВО плазми крові здорових донорів сіалідазою *Artrobacter ureafaciens*, яка має досить широкий спектр дії і тому відщеплює сіалові кислоти різної будови та в різному положенні як від N-, так і О-гліканів. Результат деградації представлений на рисунку 1, В. Порівняння ВЕРХ-спектрів кислих ВО до ферментативної деградації (рис.1, А) та після неї свідчить про те, що у складі обох головних піків були присутні сіаловані глікани. Перший пік мав такі глікани у 2-му та/чи 3-му підпіках в невеликій кількості. Досить вірогідно, що основна кількість гліканів цих підпіків – це фосфорильовані олігосахариди.

Другий головний пік спектру мав сіалований глікан тільки однієї структури, про що свідчить повна зміна його положення на хроматограмі після ферментативної деградації. Для уточнення будови саме цього глікану порівняли його хроматограму із хроматограмою глікану з відомою будовою. Для порівняння обрали глікани трансферину, які складаються з двох головних олігосахаридів - двохантеного комплексного N-глікану з двома залишками сіалової кислоти та двохантеного комплексного N-глікану з одним залишком цієї кислоти. На рисунку 1С наведена хроматограма гліканів трансферину до розщеплення сіалідазою, а на рисунку 1D – після розщеплення з зазначеними структурами олігосахаридів у вигляді піктограм. Однакове положення на хроматограмі піку 4 кислих ВО плазми крові (рис.1, А) та другого головного піку гліканів трансферину (рис.1, С) до ферментативної деградації, а також піку 4 кислих ВО плазми крові (рис.1, В) та єдиного піку гліканів трансферину (рис.1, D) після розщеплення сіалідазою підтверджує, що пік 4 кислих ВО плазми крові практично здорових донорів – це двохантений комплексний N-глікан з двома залишками сіалової кислоти.

## **ВИСНОВКИ**

1. Застосування ферментативної деградації сіалідазою зарядженої (кислої) фракції вільних олігосахаридів плазми крові практично здорових донорів виявило присутність сіалованих гліканів у обох головних піках цієї фракції.
2. Порівняння ВЕРХ-спектрів другого головного піку зарядженої фракції зі спектрами реперних гліканів трансферину до і після розщеплення сіалідазою дозволило підтвердити гіпотезу, що цей пік ( $8,62 \pm 0,02$  ГО) має будову двохантеного комплексного N-глікану з двома залишками сіалової кислоти.
3. Положення деяких піків ВЕРХ-спектрів не змінювалося при обробці гліканів сіалідазою, що може свідчити про те, що їх негативний заряд обумовлений присутністю залишків кислот, відмінних від сіалової, наприклад, фосфорної.

## ПОДЯКИ

Роботу було виконано при підтримці міжнародного гранту ЕМВО (ASTF201-2010) та Інституту глікобіології Оксфордського університету (м.Оксфорд, Велика Британія) у лабораторії доктора Террі Д. Баттерса (Terry D. Butters).

## Список літератури

1. Chantret I. Free oligosaccharide regulation during mammalian protein N-glycosylation / I. Chantret, S.E.H. Moore // *Glycobiology*. – 2008. – Vol.18, № 3. – P. 210–224.
2. Zhao W. The CMP-sialic acid transporter is localized in the medial-trans Golgi and possesses two specific endoplasmic reticulum export motifs in its carboxyl-terminal cytoplasmic tail / W. Zhao, T.L. Chen, B.M. Vertel, K.J. Colley // *J Biol Chem*. – 2006. – Vol.281(41). – P.31106 – 31118.
3. Winchester B. Lysosomal metabolism of glycoproteins / B. Winchester // *Glycobiology* – 2005. – Vol.15, № 6. – P.1R – 15R.
4. Письменецька І.Ю. Вільні олігосахариди плазми крові практично здорових донорів / І.Ю. Письменецька, Т.Д. Баттерс // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2012. –Т.25 (64) , №1. – С.182–187.
5. Письменецька І.Ю. Фракціонування по заряду вільних олігосахаридів плазми крові практично здорових донорів / І.Ю. Письменецька, Т.Д. Баттерс // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2012.–Т.25 (64) , №2. – С.126–131.
6. Письменецька І.Ю. Прогнозування структур вільних олігосахаридів плазми крові практично здорових донорів/І.Ю. Письменецька, Т.Д. Баттерс // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2012.–Т.25 (64) , №3. – С.158–164.
7. Письменецька І.Ю. Хроматографічний аналіз іммобілізованих на паперових носіях модельних олігосахаридів / І.Ю. Письменецька, Т.Д. Баттерс // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2011.–Т.24 (63) , №4. – С.183–191.
8. Alonzi D.S. Glucosylated free oligosaccharides are biomarkers of endoplasmic- reticulum alpha-glucosidase inhibition / D.S. Alonzi, D.C. Neville, R.H. Lachman [et al.] // *Biochem J*. – 2008. – Vol.409, №2. – P.571–580.
9. Neville D.C. Analysis of fluorescently labelled glycosphingolipid-derived oligosaccharides following ceramide glycanase digestion and anthranilic acid labelling / D.C. Neville, V. Coquard, D.A. Priestman [et al.] // *Anal Biochem*.-2004. – V.331. – P.275–282.
10. Neville D.C. Development of a single column method for the separation of lipid- and protein-derived oligosaccharides / D.C. Neville, R.A. Dwek, T.D. Butters // *J. Proteome Res*. – 2009. – Vol.8. – P.681–687.

**Письменецкая И.Ю. Анализ заряженной фракции свободных олигосахаридов плазмы крови практически здоровых доноров / И.Ю. Письменецкая, Т.Д. Баттерс // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия».** – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С.159-165.

Свободные олигосахариды плазмы крови включают как нейтральные, так и заряженные (кислые) гликаны. Данная статья посвящена изучению строения кислых свободных олигосахаридов с использованием ферментативной деградации сиалидазой и сравнением с олигосахаридами известной структуры – гликанами трансферрина. Основной пик заряженных свободных олигосахаридов плазмы крови практически здоровых доноров содержал сиалированный двухантенный N-гликан. Во фракции с меньшей молекулярной массой также были выявлены сиалированные свободные олигосахариды. Кроме того, положение некоторых пиков ВЭЖХ-хроматограммы не изменялось при обработке гликанов сиалидазой, что может свидетельствовать о том, что их отрицательный заряд обусловлен присутствием остатков кислот, отличных от сиаловой, например, фосфорной.

**Ключевые слова:** заряженные свободные олигосахариды, ВЭЖХ-спектры гликанов, плазма крови человека, деградация сиалидазой.

**Pismenetskaya I.U. Analysis of plasma free oligosaccharide charged fraction of practically healthy donors / I.U. Pismenetskaya, T.D. Butters // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 159-165.**

Plasma free oligosaccharides include both neutral and charged (acidic) glycans. This article is devoted to a study of the free acidic oligosaccharide structures by using a sialidase enzymatic degradation and by comparison with the known structures of transferrin glycans. The main HPLC-peak of plasma free oligosaccharide charged fraction of practically healthy donors contained the two-antennary complex type of N-glycan with two residues of sialic acid. In the fraction with lower molecular weight there were also found free oligosaccharides with sialic acid. In addition, the positions of some HPLC peaks were not changed after the glycan digestion with sialidase, which may indicate that their negative charge is due to the presence of acid residues other than sialic, such as, for example, phosphoric one.

**Keywords:** charged free oligosaccharides, HPLC-profiles of glycans, human blood plasma, sialidase digestion.

*Поступила в редакцію 21.11.2012 г.*

**УДК:577.151.121:616.092.9**

## **АТФ-азна АКТИВНІСТЬ АКТОМІОЗИНУ СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗІВ ЩУРІВ ПРИ ХРОНІЧНІЙ ТРИВАЛІЙ АЛКОГОЛІЗАЦІЇ**

*Подпалова О.М., Цейслер Ю.В., Нурищенко Н.Є., Мартинюк В.С.*

*ННЦ «Інститут біології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
Київ, Україна  
E-mail: olgapodpalova@gmail.com*

Оцінювали функціональну активність актоміозину різних за чутливістю до етанолу скелетних м'язів щурів при 2-, 4-, 6-ти місячній алкоголізації. Показано, що через 2 місяці активність АТФ-ази актоміозину чутливих до алкоголю м'язів підвищується, а в подальшому спостерігається її падіння по мірі хронізації процесу алкоголізації. Встановлено, що через 4 місяці алкоголізації аналогічні, але менш виражені зміни відбуваються і у м'язах, що вважаються нечутливими до дії алкоголю.

**Ключевые слова:** АТФ-азна активність, актоміозин, *plantaris*, *soleus*, алкоголізація.

### **ВСТУП**

Хронічне зловживання алкоголем серед інших важких патологічних наслідків, таких як, цироз печінки, супроводжується метаболічними, фізіологічними і структурними змінами в скелетних м'язах, що характеризуються як алкогольна міопатія. Алкогольна міопатія вважається багатофакторною хворобою і пов'язана з зміною окислювально-відновного статусу і антиоксидантним дисбалансом в скелетних м'язах [1], зниженням швидкість білкового синтезу, в тому числі і міофібрилярних білків, порушеннями вуглеводного, білкового та енергетичного обміну, сигнальних каскадів, реалізації апоптозу і регуляції генів [2]. Відомо, що основною структурною одиницею м'язів, що забезпечує їх скорочення є скоротливі білки. Однак, вплив етанолу на функціональний стан актоміозину скелетних м'язів досліджувався або в експериментах, *in vitro* [3], або в гострих дослідах при прийомі однократно великої дози алкоголю [4]. Тому метою роботи було з'ясування впливу довготривалої алкоголізації на АТФ-азну активність актоміозину як основного показника функціонального стану.

### **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

В дослідження включали білих безпородних щурів-самців вагою 150-200 г. Алкоголізацію тварин здійснювали за методикою [5] в авторській модифікації. Тварин відбирали на основі їх індивідуальної схильності до споживання розчину етилового спирту, що оцінювалась протягом двох тижнів щоденним вимірюванням кількості спожитого 5%-ого розчину алкоголю.

Експериментальну групу становили щури, що, перебуваючи в умовах вільного вибору, віддавали перевагу розчину алкоголю з першого дня тестування. Кількість

споживаного спирту коливалася від 15 мл і вище на тварину. Після тестування для експериментальних тварин наступні два тижні концентрацію етилового спирту поступово підвищували від 5 до 36% (з кроком в 10%) і у подальшому не змінювали. Хронічну алкоголізацію тварин здійснювали протягом 2, 4, 6 місяців.

Для кожної експериментальної групи (при 2-х місячній експозиції  $n=7$ , 4-х місячній -  $n=8$ , 6-и місячній -  $n=7$ ) була своя контрольна група (2-х місячна експозиція  $n=4$ , 4-х місячна -  $n=5$ , 6-и місячна -  $n=5$ ), що складалась з тварин, які демонстрували повну відмову від споживання алкоголю і яких утримували в аналогічних умовах віварію протягом строку експерименту.

Актоміозин виділяли із скелетних м'язів щура за методикою Перрі описаній в роботі Тартаковського [6].

Визначення концентрації актоміозину проводилося за біуретовою реакцією, яка є оптимальною в даному діапазоні концентрацій від 0,5 до 10 мг/мл [7].

$Mg^{2+}$ - і  $K^{+}$ -АТФ-азну активність актоміозину визначали за кількістю неорганічного фосфату ( $P_i$ ) (нмоль), який утворюється шляхом відщеплення від АТФ активними центрами міозинових молекул [8]. Інкубаційне середовище при визначенні  $Mg^{2+}$ - АТФ-азної активності містило 20 мМ імідазольного буферу (рН 7.5), 0.08 М КСl, 2.5 мМ  $MgCl_2$ , 100 мкМ  $CaCl_2$ , 1 мМ АТФ (виробництва Sigma-Aldrich); при визначенні  $K^{+}$ -АТФ-азної активності додавали хелатор двовалентних іонів – 1 мМ етиленгліколь-біс( $\beta$ -аміноетил-етер)-N,N,N',N'-тетраоцтову кислоту (ЕГТА, виробництва Sigma-Aldrich).

Відомо, що при хронічній алкогольній міопатії страждають волокна ІВ (анаеробного) типу. Тому для дослідження були обрані м'язи *plantaris* щурів, що містять переважно волокна цього типу, а також м'язи *soleus*, які нечутливі до дії етанолу і містять переважно волокну І (аеробного) типу [9].

Статистичну обробку результатів експериментів проводили в програмі Origin 8.0 (OriginLab Corporation, США) з використанням t-критерія Стьюдента ( $p < 0.05$  вважали статистично вірогідним).

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження АТФ-азної активності актоміозину показало, що характер змін даного показнику по мірі алкоголізації тварин в двох різних м'язах неоднаковий.

Встановлено, що  $Mg^{2+}$ -АТФ-азна активність актоміозину м'язів *plantaris* через 2 місяці вживання алкоголю збільшувалась на 5,5 % ( $p < 0,05$ ). Через 4 місяці алкоголізації цей показник знаходився в межах контролю, знижуючись на 29,77 % через 6 місяців з початку експерименту відносно контрольної групи (рис.1).

Одночасно з тим,  $K^{+}$ -АТФ-азна активність актоміозину м'язів *plantaris* зростала на 31,8% відносно контрольного рівня через 2 місяці вживання алкоголю, але залишалась на рівні контролю на більш пізніх строках алкоголізації (рис. 2).

$Mg^{2+}$ -АТФ-азна активність актоміозину нечутливих до дії алкоголю скелетних м'язів *soleus* залишалась на рівні контролю через 2 місяці вживання алкоголю, зменшувалась на 11,4 % через 4 місяці і на 8,8 % через 6 місяців алкоголізації (рис.3).

$K^{+}$ -АТФ-азна активність актоміозину м'язів *soleus* не змінювалась відносно контролю протягом всього експерименту (рис.4).

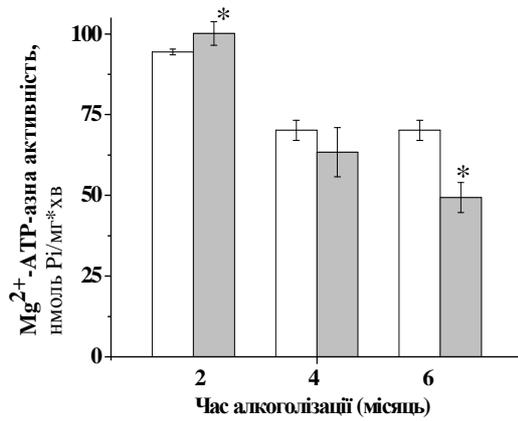


Рис. 1. Mg<sup>2+</sup>-АТФ-азна активність актоміозину в скелетних м'язах *plantaris* щурів за умов хронічної алкоголізації протягом 2 (n=7), 4 (n=8), 6 (n=7) місяців.  
\* - достовірні відмінності відносно контрольної групи тварин, p<0,05

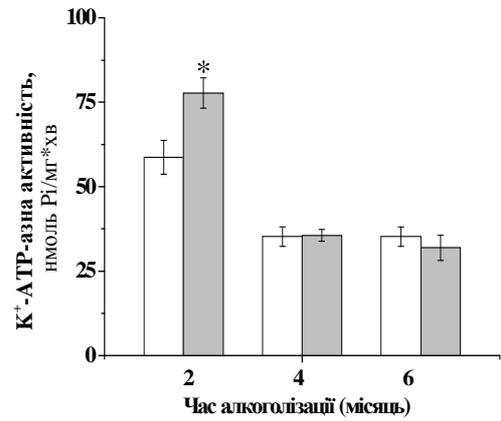


Рис. 2. K<sup>+</sup>-АТФ-азна активність актоміозину в скелетних м'язах *plantaris* щурів за умов хронічної алкоголізації протягом 2 (n=7), 4 (n=8), 6 (n=7) місяців.  
\* - достовірні відмінності відносно контрольної групи тварин, p<0,05.

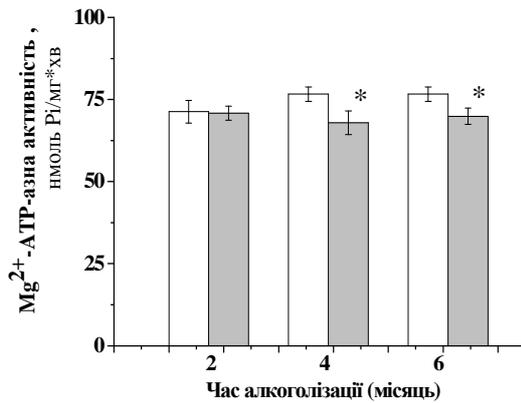


Рис. 3. Mg<sup>2+</sup>-АТФ-азна активність актоміозину в скелетних м'язах *soleus* щурів за умов хронічної алкоголізації протягом 2 (n=7), 4 (n=8), 6 (n=7) місяців.  
\* - достовірні відмінності відносно контрольної групи тварин, p<0,05

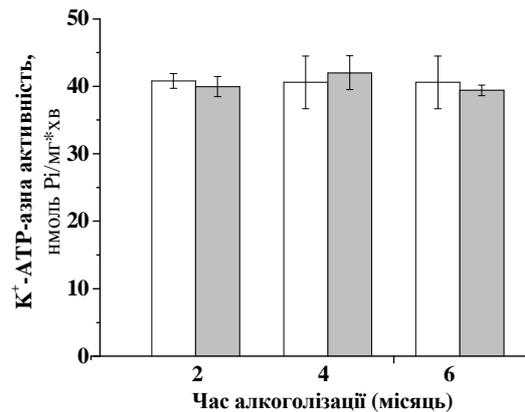


Рис. 4. K<sup>+</sup>-АТФ-азна активність актоміозину в скелетних м'язах *soleus* щурів за умов хронічної алкоголізації протягом 2 (n=7), 4 (n=8), 6 (n=7) місяців.

Отже отримані результати можуть свідчити про те, що в основі порушення функціонування м'язів при алкоголізації лежить не тільки підвищення перекисного окиснення ліпідів, зниження синтезу м'язових білків, збільшення вмісту основних медіаторів запалення, а також і більш глибокі зміни, що стосуються функціонування скоротливих білків. Розвиток порушення м'язів під впливом алкоголю характеризується відстроченістю дії. Так, через 2 місяці активність АТФ-ази актоміозину чутливих до алкоголю м'язів підвищується, а в подальшому спостерігається її падіння зі збільшенням строку алкоголізації до контрольних значень показнику. В інших дослідженнях показано, що в ці строки спостереження відбувається підвищення вмісту карбонільних груп в скоротливих білках [10]. Очевидно, що такі зміни відбуваються внаслідок підвищеного рівня продукції вільних радикалів [10], і зміни структури скоротливих білків. Встановлено, що через 4 місяці алкоголізації аналогічні, але менш виражені зміни відбуваються і у м'язах, що вважаються нечутливими до дії алкоголю.

### ВИСНОВОК

Таким чином, отримані нами результати показують, що тривала хронічна алкоголізація веде до глибоких метаболічних і функціональних змін скелетних м'язів, які вважалися стійкими до впливу зовнішніх чинників, а також можуть пояснити велику кількість алкогольних міопатій у осіб, що зловживають алкоголем. Для більш глибокого розуміння впливу етанолу на структурні компоненти скелетних м'язів в подальших дослідженнях планується подовжити термін вживання алкоголю тваринами і проаналізувати розвиток деструктивних і функціональних порушень по мірі хронізації алкоголізму.

### Список літератури

1. Fernandez-Sola J. Muscle antioxidant status in chronic alcoholism / Fernandez-Sola J., Garcia G., Elena M., Tobrías E., Sacanella E., Estruch R., Nicolas J.M. // *Alcohol Clin Exp Res.* – 2002. – Vol. 26. – P. 1858–1862.
2. Fernandez-Sola J. Evidence of apoptosis in alcoholic cardiomyopathy / Fernandez-Sola J., Fatjor F., Sacanella E., Estruch R. et al. // *Hum Pathol.* – 2006. – Vol. 37. – P. 1100–1110.
3. Tsuda Y. Direct inhibition of the actomyosin motility by local anesthetics in vitro / Tsuda Y., Mashimo T., Yoshiya I. et al. // *Biophys. J.* – 1996. – Vol. 71. – P. 2733–2741.
4. Fernandez-Sola J. Molecular and cellular events in alcohol-induced muscle disease / Fernandez-Sola J., Preedy V.R., Lang C.H. et al. // *Alcohol Clin Exp Res.* – 2007. – Vol. 31. – P. 1953–62.
5. Бардина Л.Р. Метаболическая адаптация к алкоголю у крыс, различающихся по предпочтению этанола воде / Бардина Л.Р., Сагановская В.И. // *Вопросы медицинской химии.* – 1999. – Т. 45, № 2. – С. 117–122.
6. Методы выделения и характеристика миозина и его субъединиц из поперечнополосатых мышц / А.Д. Тартаковский // *Биофизические и биохимические методы исследования мышечных белков.* – Л.: Наука, 1987. – С.55-76.
7. Досон Р. Справочник биохимика / Р.Досон, Д.Эллиот, У. Эллиот, К.Джонс. – М.: Мир, 1991. – С. 465-466.
8. Fiske C. The colorimetric determination of phosphorus / C.Fiske, Y.Subbarow / *J. Biol. Chem.* – 1925. – Vol. 66. – P. 375-400.
9. Slavin G. Chronic alcohol excess is associated with selective bur reversible injury to type 2B muscle fibers / Slavin G., Martin F., Ward P. et al. // *J. Clin. Pathol.*— 1983.— Vol. 36.— P. 772—777.

10. Цейслер Ю.В. Изменения степени окисления актомиозина скелетных мышц и показателей липидного обмена плазмы крови крыс в условиях хронической алкоголизации / Цейслер Ю.В., Подпалова О.Н., Нурищенко Н.Є., Пелюх Л.И., Мартинюк В.С. // Матеріали II міжнародного семінару «Медична фізика – сучасний стан, проблеми, шляхи розвитку. Новітні технології». - Київ, Україна, 2012. – С. 123-127.

**Подпалова О.Н. АТФ-азная активность актомиозина скелетных мышц крыс при хронической длительной алкоголизации / О.Н. Подпалова, Ю.В. Цейслер, Н.Є. Нурищенко, В.С. Мартинюк // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С.166-170.**

Оценивали функциональную активность актомиозина различных по чувствительности к этанолу скелетных мышц крыс при 2-, 4-, 6-ти месячной алкоголизации. Показано, что через 2 месяца активность АТФазы актомиозина чувствительных к алкоголю мышц повышается, а в дальнейшем наблюдается ее падение по мере хронизации процесса алкоголизации. Установлено, что через 4 месяца алкоголизации аналогичные, но менее выраженные изменения происходят и в мышцах, которые считаются нечувствительными к действию алкоголя.

**Ключевые слова:** АТФ-азная активность, актомиозин, plantaris, soleus, алкоголизация.

**Podpalova O.N. ATP-ase activity the actomyosin of rat's skeletal muscles during prolonged chronic alcoholisation / O.N. Podpalova, Yu.V. Tseyslyer, N.E. Nurischenko, V.S. Martyniuk // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 166-170.**

The functional activity of actomyosin in differently sensitive to ethanol skeletal muscle of rats with alcohol abuse during 2 -, 4 -, 6-month period was studied. It was shown that actomyosin ATPase activity in sensitive to alcohol muscles was increased after 2 months and then it decreased during development of alcoholism. The similar but less pronounced changes occur in 4 months of alcoholism in the muscles, which are considered insensitive to the effects of alcohol, were found in rats.

**Keywords:** ATPase activity, actomyosin, plantaris, soleus, alcoholisation.

*Поступила в редакцию 21.11.2012 г.*

УДК 616.1/9-02:614.7

## ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ОТ УРОВНЯ ТОКСИЧНЫХ И ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ СПОРТСМЕНОВ

*Решетняк О.А.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: syshko@list.ru*

Проведено функциональное обследование сердечно-сосудистой системы у 80-ти студентов, из которых 40 спортсменов и 40 студентов, не занимающихся спортом, которые были обследованы на предмет содержания кадмия, калия и кальция в организме. Выявлена физиологическая роль токсичного и эссенциальных элементов для функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов и студентов, не занимающихся спортом.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистая система, спортсмены, кадмий, калий, кальций.

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие современного спорта и системы спортивной подготовки в Украине предъявляют исключительно высокие требования к организму занимающихся. В основе достижения спортивного результата и его роста лежат адаптационные процессы, происходящие в организме, а тренировочная и соревновательная деятельность является основой для их совершенствования.

Одним из условий успешной адаптации и поддержания высоких функциональных резервов спортсменов является адекватное потребностям поступление и содержание микро- и макроэлементов [1].

К числу важных для организма спортсменов элементов относят кальций ( $Ca^{++}$ ) и калий ( $K^{+}$ ) при недостатке или избытке которых наблюдаются расстройства функционирования мышечной ткани и изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы. В то же время некоторые из распространенных загрязнителей окружающей среды, например, кадмий ( $Cd^{++}$ ), могут выступать в качестве физиологических антагонистов этих элементов [2].

В этой связи изучение элементного баланса в организме людей систематически занимающихся физической культурой и спортом в условиях загрязнения окружающей среды является актуальным направлением физической культуры и спорта.

Таким образом целью настоящего исследования явилось - определить особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы и ее реагирования на физическую нагрузку у спортсменов и студентов, не занимающихся спортом, в зависимости от содержания в организме  $Ca^{++}$  и  $K^{+}$  и  $Cd^{++}$ .

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 80 студентов (юноши) в возрасте от 18 до 22 лет, из которых: 40 спортсменов факультета физической культуры и спорта ТНУ имени В.И. Вернадского, профессионально занимающихся футболом и 40 студентов КГМУ имени С.И. Георгиевского, занимающихся физическим воспитанием в пределах учебной программы.

У обследуемых определяли содержание  $Cd^{++}$ ,  $Ca^{++}$  и  $K^{+}$  в биологически стабильных тканях (волосах) рентгено-флюоресцентным методом в лаборатории научно-исследовательского центра «ВИРИА» г. Киева.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы оценивали по 8-ми показателям центральной кардиогемодинамики и 5-ти ЭКГ-параметрам. Исследование проводили в состоянии физиологического покоя, после физической нагрузки на велоэргометре и в восстановительном периоде.

Для регистрации показателей центральной кардиогемодинамики использовали реанализатор РА5-01. Регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин, ударный объем сердца (УО, мл), минутный объем крови (МОК, л/мин), сердечный индекс (СИ, л/мин/м<sup>2</sup>), ударный индекс (УИ, мл/м<sup>2</sup>), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин/с/см<sup>-5</sup>). Систолическое артериальное давление (САД, мм.рт.ст.) и диастолическое артериальное давление (ДАД, мм.рт.ст.) измеряли методом Короткова.

ЭКГ-параметры регистрировали на аппаратно-программном комплексе «Эргокард». При проведении исследования производили распознавание следующих электрокардиографических показателей: интервалов PQ (с) и QPST (с), сегмента ST (с), комплекса QPS (с), а так же интервала R-R (с).

Статистическую обработку данных проводили посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену и статистического сравнения по методу Манна-Уитни.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средние значения содержания определяемых в данной работе химических элементов в организме исследуемых спортсменов находилось в пределах условной, принятой на сегодняшний день, нормы [3; 4], в то время как у студентов, не занимающихся спортом, отмечался дефицит эссенциальных элементов (рис. 1, 2).

Более высокое содержание исследуемых элементов может говорить как о лучшем элементном статусе организма спортсменов, так и об элиминирующем воздействии мышечных нагрузок, которые влияют на динамику как токсичных, так и жизненно необходимых химических элементов.

Наблюдаемое пониженное содержание эссенциальных элементов, выявленное у студентов, не занимающихся спортом, возможно связано не только с их недостаточным поступлением в организм, но и с особенностями обменных процессов, потребностями в данном элементе свойственных определенному возрастному периоду, с интенсивностью их всасывания, а также с неполноценностью транспорта и метаболизма.

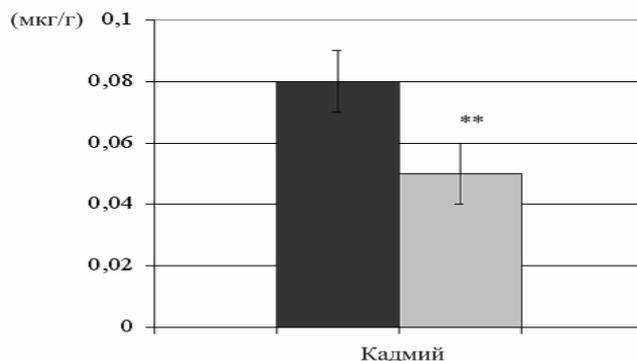


Рис. 1. Диаграмма содержания кадмия в волосах у спортсменов – ■ и студентов, не занимающихся спортом – ■.

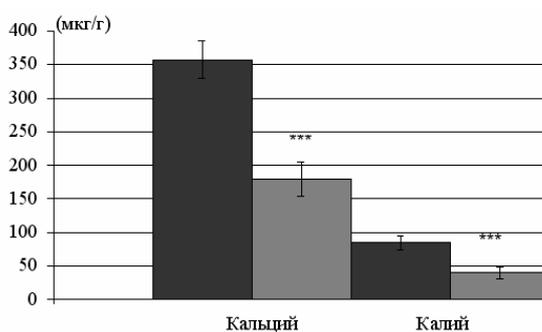


Рис. 2. Диаграмма содержания кальция и калия в волосах у спортсменов – ■ и студентов, не занимающихся спортом – ■.

Таким образом, элементный статус организма спортсменов по результатам настоящего и других исследований можно расценивать скорее как более благоприятный, чем таковой, у не занимающихся спортом студентов, и обусловлен он, по всей видимости, теми адаптационно-приспособительными изменениями, которые возникают в ответ на повышенные физические и эмоциональные нагрузки и отражают специфику физиологических процессов у профессиональных спортсменов.

Учитывая известную и возможную роль этих элементов в функционировании мышечной и сердечно-сосудистой систем можно ожидать, что выявленные различия в их содержании в организме исследуемых студентов, скажутся на адаптационных возможностях организма и, в частности сердечно-сосудистой системы, которая не только обеспечивает трофику мышечной системы, в том числе и изучаемыми элементами, но и сама нуждается в соответствующем обеспечении.

Корреляционный анализ показателей сердечно-сосудистой системы и содержания в организме химических элементов в состоянии физиологического позволил установить ряд статистически значимых связей.

Так, для кадмия выявлены достоверные обратные корреляционные связи показателей деятельности сердца с уровнем кадмия в организме спортсменов, тогда как для студентов, не занимающихся спортом, такой зависимости не установлено.

Поскольку характер связи был обратным, следовательно, чем выше было содержание кадмия в организме, тем меньше была длительность интервала PQ и желудочкового комплекса, а, следовательно, время проведения возбуждения по сердцу и тем меньшее количество крови выбрасывалось сердцем за одну систолу. При этом характер связи свидетельствует о дромотропном действии кадмия (табл.1).

**Таблица 1.**

**Корреляционная связь показателей сердечно-сосудистой системы с содержанием химических элементов в организме исследуемых студентов в состоянии физиологического покоя**

| Хим. элемент                  | Показатели                 | Спортсмены (n=40) |      | Не спортсмены (n=40) |      |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------|------|----------------------|------|
|                               |                            | (r)               | (p)  | (r)                  | (p)  |
| Cd <sup>++</sup><br>(кадмий)  | Интервал PQ (с)            | -0,47             | 0,01 |                      |      |
|                               | Комплекс QRS (с)           | -0,47             | 0,01 |                      |      |
|                               | УИ (мл/м <sup>2</sup> )    | -0,55             | 0,02 |                      |      |
| Ca <sup>++</sup><br>(кальций) | МОК (л/мин)                | 0,45              | 0,02 |                      |      |
| K <sup>+</sup><br>(калий)     | УО (мл)                    |                   |      | 0,54                 | 0,01 |
|                               | МОК (л/мин)                |                   |      | 0,51                 | 0,01 |
|                               | СИ (л/мин/м <sup>2</sup> ) |                   |      | 0,57                 | 0,02 |
|                               | УИ (мл/м <sup>2</sup> )    |                   |      | 0,61                 | 0,01 |

Для эссенциальных элементов выявлена прямая корреляционная связь только с содержанием кальция в организме спортсменов и показателями МОК, указывающая на более высокую производительность сердца при более высоких концентрациях этого элемента в организме.

Для калия установлены высоко достоверные положительные корреляционные связи с показателями деятельности сердца (УО, МОК, СИ и УИ) студентов, не занимающихся спортом.

Известно, что систематические физические тренировки при занятии спортом приводят к существенным сдвигам в деятельности сердечно-сосудистой системы. Сердечная мышца является достаточно чувствительной к изменениям метаболизма, однако обладает при этом высокими компенсаторными возможностями [5], которые не выявляются в статичном состоянии, но могут обнаружить себя при функциональной пробе как следствие адаптации к физическим нагрузкам. Поэтому особый интерес представляло выяснение влияния химических элементов, на состояние деятельности сердца в условиях такого функционального нагрузочного теста как мышечная работа.

Предъявление физической нагрузки позволило выявить большее количество корреляционных связей для спортсменов и установить наличие достоверных корреляционных связей для студентов, не занимающихся спортом (табл. 2).

Таблица 2.

**Взаимосвязь показателей сердечно-сосудистой системы с содержанием химических элементов в организме исследуемых студентов при физической нагрузке**

| Хим. элемент                  | Показатели                 | Спортсмены (n=40) |      | Не спортсмены (n=40) |      |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------|------|----------------------|------|
|                               |                            | (r)               | (p)  | (r)                  | (p)  |
| Cd <sup>++</sup><br>(кадмий)  | Интервал PQ (с)            | -0,52             | 0,01 | 0,37                 | 0,01 |
|                               | Комплекс QRS (с)           | -0,35             | 0,02 |                      |      |
|                               | Сегмент ST (с)             |                   |      | 0,46                 | 0,02 |
|                               | Интервал QRST (с)          | -0,53             | 0,02 |                      |      |
|                               | Интервал R-R(с)            | -0,31             | 0,04 | 0,36                 | 0,02 |
|                               | УИ (мл/м <sup>2</sup> )    | -0,56             | 0,01 |                      |      |
| Ca <sup>++</sup><br>(кальций) | Интервал QRST (с)          | 0,44              | 0,05 |                      |      |
|                               | Интервал R-R (с)           | -0,46             | 0,01 |                      |      |
| K <sup>+</sup><br>(калий)     | Комплекс QRS (с)           |                   |      | 0,40                 | 0,01 |
|                               | Сегмент ST (с)             |                   |      | -0,33                | 0,03 |
|                               | Интервал QRST (с)          | -0,54             | 0,01 | 0,36                 | 0,02 |
|                               | Интервал R-R (с)           |                   |      | 0,37                 | 0,02 |
|                               | ДАД (мм рт.ст.)            |                   |      | 0,39                 | 0,02 |
|                               | УО (мл)                    |                   |      | 0,39                 | 0,04 |
|                               | МОК (л/мин)                |                   |      | 0,44                 | 0,01 |
|                               | СИ (л/мин/м <sup>2</sup> ) |                   |      | 0,37                 | 0,04 |
|                               | УИ (мл/м <sup>2</sup> )    |                   |      | 0,45                 | 0,02 |

Так, при предъявлении физической нагрузке с увеличением содержания уровня кадмия длительность сердечного цикла и отдельных его составляющих у студентов, не занимающихся спортом, увеличивалась, в то время как у спортсменов кадмий проявлял отрицательное хронотропное действие.

Что касается механической работы сердца, его сократительной функции, то она также определенным образом реагировала на уровень Cd<sup>++</sup> в организме спортсменов. Так, для спортсменов выявили статистически достоверную отрицательную корреляционную связь УИ с содержанием кадмия в волосах, т.е. чем выше было содержание кадмия в волосах, тем меньше количество крови выбрасывалось сердцем за одну систолу.

Физическая нагрузка позволила выявить значимость и эссенциальных кальция и калия; первого, главным образом, у спортсменов, а второго – у студентов, не занимающихся спортом.

При этом кальций способствовал увеличению времени процесса возбуждения желудочков в целом у спортсменов (интервал QRST), а калий, напротив уменьшал. Интересно, что у студентов, не занимающихся спортом, кальций в выявленных концентрациях вообще не влиял на электрические процессы в миокарде, в то время как калий оказывал разнонаправленное действие на различных этапах возбуждения желудочков (комплекс QRS, сегмент ST), в целом способствуя удлинению желудочного

комплекса. Он также, по-видимому, «улучшал» механическую работу сердца, обнаруживая положительную корреляционную связь с рядом параметров работы сердца.

Известно, что после прекращения выполнения физической нагрузки начинают осуществляться основные восстановительные процессы, которые носят неоднородный характер и существенно различаются у спортсменов и у людей, не занимающихся спортом.

В связи с этим, особый интерес представило изучить реакцию сердечно-сосудистой системы в зависимости от уровня содержания изучаемых химических элементов не только при предъявлении физической нагрузки, но и в восстановительном периоде, после выполнения функциональной пробы.

Значимость кадмия для электрокардиографических показателей проявляла себя более разнообразно и практически для всех показателей желудочковой проводимости у спортсменов в течение всего восстановительного периода (табл. 3).

**Таблица 3.**

**Взаимосвязь показателей сердечно-сосудистой системы с содержанием химических элементов в организме исследуемых студентов в период восстановления**

| Хим. элемент                  | Показатели                 | Спортсмены (n=40) |      | Не спортсмены (n=40) |      |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------|------|----------------------|------|
|                               |                            | (r)               | (p)  | (r)                  | (p)  |
| Cd <sup>++</sup><br>(кадмий)  | Интервал PQ (с)            | -0,43             | 0,05 |                      |      |
|                               | Сегмент ST (с)             | 0,52              | 0,01 |                      |      |
|                               | Интервал QRST (с)          | -0,56             | 0,01 |                      |      |
| Ca <sup>++</sup><br>(кальций) | Интервал R-R (с)           | -0,37             | 0,04 |                      |      |
| K <sup>+</sup><br>(калий)     | Интервал QRST (с)          |                   |      | 0,40                 | 0,02 |
|                               | ДАД (мм рт.ст.)            |                   |      | 0,40                 | 0,02 |
|                               | УО (мл)                    |                   |      | 0,41                 | 0,02 |
|                               | МОК (л/мин)                |                   |      | 0,40                 | 0,02 |
|                               | СИ (л/мин/м <sup>2</sup> ) |                   |      | 0,41                 | 0,02 |
|                               | УИ (мл/м <sup>2</sup> )    |                   |      | 0,42                 | 0,01 |

В восстановительном периоде выявлена значимость кальция, который так же, как и кадмий, способствовал уменьшению продолжительности сердечного цикла (интервал R-R) у спортсменов.

Обращает внимание весьма высокая значимость калия для сердечно-сосудистой системы студентов, не занимающихся спортом, причем как для показателей деятельности сердца (УО, МО, СИ, УИ), так и состояния сосудов (ДАД). В то же время у спортсменов такой зависимости не установлено.

Исходя из общего числа установленных корреляционных связей, можно констатировать, что их максимальное количество обнаруживалось при предъявлении физической нагрузки, затем в восстановительном периоде и минимально – в состоянии физиологического покоя, что позволяет говорить о компенсированных изменениях

реактивности сердечно-сосудистой системы и ее адаптационных возможностей, обусловленных изменением содержания соответствующих химических элементов.

Обобщение результатов корреляционного анализа показателей сердечно-сосудистой системы в состоянии физиологического покоя, при физической нагрузке и в период восстановления с внутренними дозами кадмия, кальция и калия в организме спортсменов и студентов, не занимающихся спортом, позволяет констатировать определенную физиологическую значимость этих элементов в обусловливании функционального состояния сердечно-сосудистой системы и ее реагирования на физическую нагрузку, причем более выраженную для нетренированного организма. Об этом свидетельствует количество обнаруженных корреляционных связей с изучаемыми элементами (рис. 3) (16 у спортсменов и 22 у студентов, не занимающихся спортом) на различных этапах исследования.

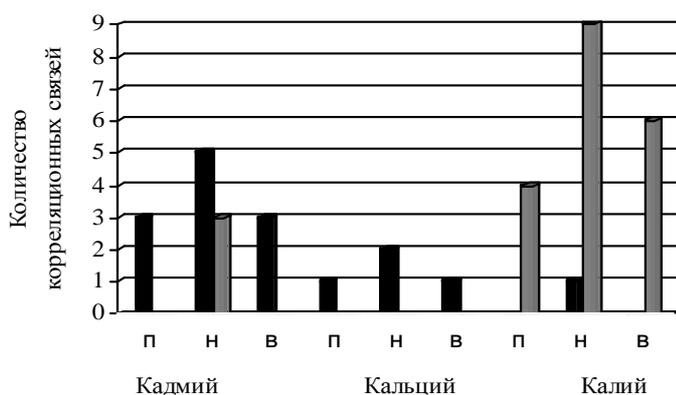


Рис. 3. Корреляционные связи содержания химических элементов и показателей сердечно-сосудистой системы у спортсменов – ■ и студентов, не занимающихся – ■, на различных этапах исследования (в покое – (п), при физической нагрузке – (н), в восстановительном периоде – (в)). По оси абсцисс – этапы исследования и химические элементы; по оси ординат – количество корреляционных связей.

При этом у спортсменов наибольшая физиологическая значимость установлена для кадмия (11 корреляционных связей), и, в меньшей степени для кальция (4 корреляции) и калия (1 корреляция), тогда как у студентов, не занимающихся спортом, весьма высокую значимость проявил калий (19 корреляционных связей) и в меньшей степени кадмий (3 корреляций).

### **ВЫВОДЫ**

1. Обнаружено, что среднее содержание химических элементов в организме спортсменов находилось в пределах условной физиологической нормы, в то время как у студентов, не занимающихся спортом, отмечался дефицит кальция и, в особенности, калия в организме.

2. Установлено, что кадмий оказывал определенное влияние на показатели деятельности сердца спортсменов – как электрофизиологические: интервал PQ, комплекс QRS, интервал QRST, сегмент ST, интервал R-R при  $-0,35 \leq r \leq -0,56$  и  $0,01 \leq p \leq 0,04$ , - так и на параметры реограммы (ударный индекс;  $r = -0,55$ ;  $p \leq 0,02$ ), в состоянии физиологического покоя, при физической нагрузке и в восстановительном периоде. У студентов, не занимающихся спортом, кадмий не обладал такой выраженной значимостью за исключением его общего влияния на длительность сердечного цикла, причем противоположным, чем у спортсменов, образом и практически исключительно во время физической нагрузки.
3. Функциональная значимость эссенциальных элементов для студентов, не занимающихся спортом, проявлялась только после физической нагрузки и, в меньшей степени, в восстановительном периоде, тогда как у спортсменов такая зависимость наблюдалась и в состоянии физиологического покоя, указывая на более высокую потребность в соответствующем микроэлементном обеспечении при систематических физических нагрузках.

#### Список литературы

1. Скальный А.В. Макро- и микроэлементы в физической культуре и спорте / А.В. Скальный, З.Г. Орджоникидзе, О.А. Громова. – М., 2000. – 71 с.
2. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков – М.: Оникс 21 век, Мир, 2004. – 272 с.
3. Ревич Б.А. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязненного производства и окружающей среды / Б.А. Ревич // Гигиена и санитария. – 1990. – № 3. – С. 28–30.
4. Grandjean P. Mercury Risks: Controversy or Just Uncertainty? / P. Grandjean, J.A. Frenstos, J.T. Baer // Public Health Reports. – 1999. – Vol. 114. – P. 512–517.
5. Maughan R. J. Role of micronutrients in sport and physical activity / R. J. Maughan // Brit. Med. Bull. – 1999. – N. 3. – P. 683–690.

**Решетняк О.А. Залежність показників серцево-судинної системи від рівня вмісту токсичних і есенціальних елементів в організмі спортсменів / О.А. Решетняк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 171-178.** Проведено функціональне обстеження серцево-судинної системи 80 спортсменів та студентів, які не займаються спортом, які були обстежені на предмет вмісту кадмію, калію і кальцію в організмі. Виявлена фізіологічна значимість токсичного та есенціальних елементів для функціонального стану серцево-судинної системи спортсменів та осіб, що не займаються спортом.

**Ключові слова:** серцево-судинна система, спортсмени, кадмій, калій, кальцій.

**Reshetniak O.A. Dependence of indexes of the cardiovascular system on the level of maintenance of toxic and essential elements in the organism of sportsmen / O.A. Reshetniak // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 171-178.**

The functional inspection cardiovascular system is conducted at 80 the sportsmen and physically untrained students, who have been surveyed about the maintenance of cadmium, potassium and calcium in an organism. The physiological role toxic and essential elements for an action of the heart of sportsmen and the persons who are not going in for sports is revealed.

**Keywords:** cardiovascular system, sportsmen, cadmium, potassium, calcium.

*Поступила в редакцію 18.11.2012 г.*

**УДК 581.524.1**

## **ОНТОГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЙ ЦЕНОЗОУТВОРЮЮЧИХ ДЕРЕВНИХ ПОРІД В МІШАНИХ ТА ШИРОКОЛИСТЯНИХ ЛІСАХ НОВГОРОД-СІВЕРСЬКОГО ПОЛІССЯ**

*Скляр В.Г.*

*Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна  
E-mail: skvig@mail.ru*

Для мішаних та широколистяних лісів Новгород-Сіверського Полісся здійснена оцінка онтогенетичної структури популяцій провідних ценозоутворюючих деревних порід. Показано, що основними ознаками їх онтогенетичних спектрів є неповнота, лівосторонність та динамічність. Значна представленість популяцій в складі яких відсутні особини тих чи інших онтогенетичних станів вказує на порушеність у ценозоутворюючих видів нормального обігу поколінь. Це є одним із результатів довготривалого та інтенсивного антропогенного втручання в ліси Новгород-Сіверського Полісся та може мати негативні наслідки в аспекті забезпечення сталого та довготривалого існування сучасних лісових фітоценозів.

**Ключові слова:** лісові фітоценози, лісоутворюючі породи, онтогенетична структура, онтогенетичні спектри, Новгород-Сіверське Полісся.

### **ВСТУП**

Онтогенетична структура є важливою і самостійною популяційною характеристикою [1–3]. Інформативність і доцільність її оцінки доведена результатами ґрунтовних досліджень, проведених багатьма науковцями [4–10].

Вивчення представленості в популяціях рослин різних онтогенетичних станів є актуальним для лісових фітоценозів і, особливо, для їх ценозоутворюючих деревних порід. Теоретична і практична значущість таких досліджень, полягає в тому, що на їх основі може бути визначена здатність екосистем і популяцій до сталого та довготривалого існування [8, 11–15].

Новгород-Сіверське Полісся належить до числа найбільш заліснених регіонів України: ліси займають понад 30% його площі [16]. Для зазначеного регіону та прилеглих до нього територій ці угруповання виконують значні еколого-стабілізуючі функції. Крім того вони мають велику соціологічну цінність як осередки існування ряду раритетних угруповань та видів рослин [17–20]. Відповідно, питання збереження лісів даного регіону, оцінки їх здатності до самопідтримання, прогнозування можливих структурно-динамічних змін є вельми актуальними. На даний час найбільш детально вивчена онтогенетична структура лісоутворюючих видів соснових фітоценозів [21]. В зв'язку з тим, що результати цього аналізу виявились інформативними, аналогічні дослідження були проведені для мішаних та широколистяних лісів.

Мета даної публікації полягає у висвітленні характерних ознак та особливостей онтогенетичної структури популяцій ценозоутворюючих деревних порід в мішаних та широколистяних лісах Новгород-Сіверського Полісся.

#### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Вивченням були охоплені фітоценози, які є найбільш типовими для Новгород-Сіверського Полісся. Вони належать десяти груп асоціацій: *Querceto (roboris) – Pineta (sylvestris) vacciniosa (myrtilli)*, *Querceto (roboris) – Pineta (sylvestris) corylosa (avellanae) nudum*, *Betuleto (penduli) – Pineta (sylvestris) vacciniosa (myrtilli)*, *Querceta (roboris) majanthemosa (bifolii)*, *Querceta (roboris) aegopodiosa (podagrariae)*, *Querceta (roboris) convallariosa (majalis)*, *Querceta (roboris) coryloso (avellanae) – convallariosa (majalis)*, *Acereto (platanoiditis) – Querceta (roboris) coryloso (avellanae) – aegopodiosa (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis) – Querceta (roboris) stellariosa (holosteaе)*, *Tiliето (cordatae) – Querceta (roboris) stellariosa (holosteaе)*. Зазначені угруповання репрезентують 5 формацій лісової рослинності: *Querceto (roboris) – Pineta (sylvestris)*, *Betuleto (penduli) – Pineta (sylvestris)*, *Querceta roboris*, *Acereto (platanoiditis) – Querceta (roboris)*, *Tiliето (cordatae) – Querceta (roboris)*.

При вивченні онтогенетичної структури ценопопуляцій провідних лісоутворюючих порід регіону - сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), берези повислої (*Betula pendula* Roth.), дуба звичайного (*Quercus robur* L.), осики (*Populus tremula* L.), клена гостролистого (*Acer platanoides* L.), липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.), в'яза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.), використовувались методичні підходи О.В. Смирнової, А.А. Чистякової, Л.Б. Заугольової, М.В. Бобровського та ін. [22 – 25]. У особин зазначених видів виділялись наступні онтогенетичні стани: **проростки (р)** - рослини без галудження, що сформувались з насіння в рік його проростання; **ювенільний (j)** - невеличкі за розміром рослини без галудження з листками ювенільного типу; **іматурний (im)** - особини, у яких наявні бічні пагони 2-5 порядку, а діаметр стовбура не більше ніж в два рази перевищує діаметр бічних гілок; **віргінійський (v)** - особини, що мають характерну для дорослих рослин морфологічну структуру, однак ще не набули здатності до формування генеративних органів; **генеративний (g)** - дерева, що вступили у фазу генеративного розмноження і підтримують його протягом декількох років чи десятиріч; **сенільний (s)** - старі дерева, що втратили або втрачають здатність до генеративного розмноження та мають вторинну крону з листям чи хвоєю ювенільного типу.

Відповідно до сучасних наукових підходів щодо онтогенетичних спектрів [26], для кожної популяції також оцінювались:

1. Повнота спектрів. За умови наявності в популяції представників всіх онтогенетичних станів популяція характеризувалась як повна за онтогенетичним спектром, а при відсутності особин того чи іншого стану – як неповна.

2. Симетричність спектрів. При цьому встановлювалась їх відповідність одному з чотирьох видів: лівосторонні спектри (вирізняються переважанням догенеративних особин), центровані (вирізняються значною часткою генеративних особин), правосторонні (характеризуються значною часткою сенільних особин), бімодальні (мають два піки)

3. Визначалась належність популяції до однієї з трьох категорій: інвазійної (характерне переважання особин догенеративних станів), генеративної (нормальної за Т.А. Роботновим) (характерне переважання генеративних особин), регресивної (характерне переважання постгенеративних особин).

4. Динамічність спектру як ступінь мінливості його структури та типу за певний час. В дослідженнях, результати яких представлені в даній публікації, оцінка динамічності спектрів базувалась на результатах спостережень за лісовими фітоценозами, що здійснювались протягом 2002-2012 р.р.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Узагальнені результати щодо особливостей онтогенетичної структури популяцій провідних ценозоутворюючих деревних порід в різних групах асоціацій Новгород-Сіверського Полісся представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

#### Онтогенетична структура популяцій провідних ценозоутворюючих деревних порід в мішаних та широколистяних лісах Новгород-Сіверського Полісся<sup>1</sup>

| Група асоціацій                                | <i>P. sylvestris</i> |       | <i>B. pendula</i> |         | <i>Q. robur</i> |          | <i>P. tremula</i> |    | <i>A. platanoides</i> |       |
|--|----------------------|-------|-------------------|---------|-----------------|----------|-------------------|----|-----------------------|-------|
|  | 1                    | 2     | 1                 | 2       | 1               | 2        | 1                 | 2  | 1                     | 2     |
| <i>Querceto – Pineta vacciniosa</i>            | H                    | im, g | H                 | j, v, g | H               | im, v    | -                 |    | -                     | -     |
| <i>Querceto – Pineta corylosa nudum</i>        | H                    | g     | -                 | -       | H               | v        | -                 | -  | H                     | j, im |
| <i>Betuleto – Pineta vacciniosa</i>            | H                    | g     | H                 | im, g   | H               | im, v    | H                 | im | -                     | -     |
| <i>Querceta majanthemosa</i>                   | -                    | -     | H                 | im      | H               | im       | -                 | -  | -                     | -     |
| <i>Querceta aegopodiosa</i>                    | -                    | -     | -                 | -       | H               | g        | -                 | -  | H                     | im    |
| <i>Querceta convallariosa</i>                  | H                    | im    | H                 | im, g   | H, П            | j, im, g | H                 | im | H                     | im    |
| <i>Querceta coryloso–convallariosa</i>         | -                    | -     | -                 | -       | H               | im       | -                 | -  | H                     | im    |
| <i>Acereto–Querceta coryloso – aegopodiosa</i> | -                    | -     | H                 | j       | H               | g        | -                 | -  | H, П                  | im    |
| <i>Acereto – Querceta stellariosa</i>          | -                    | -     | -                 | -       | H               | g        | -                 | -  | H, П                  | im    |
| <i>Tilieto – Querceta stellariosa</i>          | H                    | g     | H                 | j, g    | H               | g        | H                 | j  | -                     | -     |

Примітка: в стовпчиках за № 1 для кожної породи надана інформація про повноту онтогенетичних спектрів: «Н» - неповні, «П» - повні.

В стовпчиках за № 2 для кожної породи вказані онтогенетичні стани, частка яких в складі онтогенетичних спектрів є найбільшою.

Прочерки означають відсутність популяцій даної породи породи в складі фітоценозів певної групи асоціацій.

Встановлено, що онтогенетичні спектри популяцій деревних порід, які входять до складу рослинних угруповань формації *Querceto – Pineta* (групи асоціацій *Querceto – Pineta vacciniosa* та *Querceto – Pineta corylosa nudum*) в абсолютній більшості випадків є неповними за представленістю особин різних онтогенетичних станів. У *A. platanoides*, наявність якого в складі дубово-соснових лісів не є константною, онтогенетичні спектри мають чітко виражений лівосторонній

характер з домінуванням частки особин ювенільного та (чи) іматурного вікових станів при відсутності рослин генеративного вікового стану. Відповідно, популяції *A. platanoides* є інвазійними. Популяціям *B. pendula* також притаманна відсутність в складі онтогенетичних спектрів рослин одного-двох будь-яких онтогенетичних станів. У даній породі більшість (66,7%) спектрів є лівосторонніми, а 33,3% - центрованими. Відповідно, у *B. pendula* переважають популяції, які мають ознаки інвазійних. Однак наявні і ті, параметри яких відповідають категорії нормальних (за Т.А.Работновим). Регресивні популяції не виявлені.

Лівосторонніми, з домінуванням сумарної частки догенеративних особин в комплексі з незначною представленістю або повною відсутністю генеративних рослин, є спектри популяцій *Q. robur* – породи, яка в формації *Querceto – Pineta* є співдомінантом і переважним чином бере участь у формуванні другого ярусу деревостанів. Відповідно, у *Q. robur* представлені лише популяції, які мають ознаки інвазійних. В даній формації популяції *P. sylvestris* вирізняються відсутністю в їх складі рослини двох (рідше трьох) догенеративних станів, а також сенільних особин. Вірогідність прояву різних характеристик онтогенетичних спектрів зменшується в ряду: центровані (75,1%) → лівосторонні (24,9%).

Для популяцій деревних порід в формації *Querceto – Pineta* характерне абсолютне домінування лівосторонніх спектрів. Незначною є частка бімодальних та центрованих спектрів. Представленість останніх зростає в наступному ряду: *A. platanoides*, *Q. robur* → *B. pendula* → *P. sylvestris*. Більшість популяцій має структуру, притаманну інвазійним популяціям. В формації *Querceto – Pineta* регресивні популяції не виявлені.

Із фітоценозів, що репрезентують формацію *Betuleto – Pineta*, одними з найбільш поширених є угруповання групи асоціацій *Betuleto – Pineta vacciniosa*. В них онтогенетичні спектри *P. tremula*, *Q. robur* мають чітко виражений лівосторонній характер в комплексі з відсутністю генеративних особин. Популяції двох даних видів в складі березово-соснових лісів за онтогенетичною структурою є інвазійними. У *B. pendula* та *P. sylvestris* порівняно значною є представленість генеративних особин, частка яких в окремих угрупованнях сягає 40,2% та 99,5%, відповідно. У цих видів спектри більшості популяцій є центрованими, а у *B. pendula* виявлені ще й бімодальні (з максимумами на рівні іматурних та генеративних рослин). Всі обстежені популяції деревних порід даної формації були неповними за онтогенетичною структурою.

Онтогенетичні спектри популяцій деревних порід, які входять до складу рослинних угруповань формації *Querceta roboris* (групи асоціацій *Querceta majanthemosa*, *Querceta aegopodiosa*, *Querceta convallariosa*, *Querceta coryloso – convallariosa*), в абсолютній більшості випадків є неповними за представленістю особин різних онтогенетичних станів. У порід *P. sylvestris*, *B. pendula*, *P. tremula*, *A. platanoides*, *U. laevis*, наявність яких в складі дубових лісів не є константною, онтогенетичні спектри мають чітко виражений лівосторонній характер з домінуванням частки особин іматурного стану в комплексі з відсутністю генеративних рослин (рідше – віргінільних). Відповідно, популяції вищезазначених порід належать до категорії інвазійних. Однак, близько 10% популяцій *B. pendula* становлять виключення:

їх онтогенетичні спектри є не лівосторонніми, а бімодальними (з максимумами на рівні іматурних та генеративних онтогенетичних станів).

У *Q. robur* - домінанта одноіменної формації, переважним чином (у 94,7% популяцій) представлені неповні спектри, для яких характерна відсутність рослин одного з догенеративних станів, а також старих постгенеративних особин. Серед догенеративних онтогенетичних станів найчастіше відсутні віргінільні рослини. Вірогідність прояву різних типів онтогенетичних спектрів зменшується в ряду: лівосторонні (50,5%) → центровані (33,4%) → бімодальні (16,1%). В останньому варіанті спектру «піки» зафіксовані на рівні іматурного та генеративного онтогенетичних станів.

Популяції ряду порід (*B. pendula*, *U. laevis*, *T. cordata*), що представлені в формації *Acereto - Querceta* (групи асоціацій *Acereto - Querceta coryloso - aegopodiosa* та *Acereto - Querceta stellariosa*), мають онтогенетичну структуру, параметри якої чітко відповідають ознакам інвазійних. Їх спектри є лівосторонніми і вирізняються переважанням частки особин наймолодших онтогенетичних станів. Крім того, в складі популяцій зазначених видів відсутні особини генеративного та сенільного онтогенетичних станів. Для *A. platanoides* характерні повні і, більшою мірою, - неповні онтогенетичні спектри. Однак, в усіх випадках вони є лівосторонніми. Популяції *Q. robur* мають неповну онтогенетичну структуру. Їм притаманне домінування центрованих спектрів.

В липово-дубових лісах, які репрезентує група асоціацій *Tilieto - Querceta stellariosa*, спектри *T. cordata* та *P. tremula* є неповними та проявляють чітко виражений лівосторонній характер. У *P. sylvestris* та *Q. robur* вони переважним чином є центрованими. У *B. pendula* представлені як лівосторонні, так і центровані спектри. В формації *Tilieto - Querceta* популяції всіх порід є неповними.

Встановлено, що онтогенетичній структурі популяцій ценозоутворюючих видів деревних порід притаманний динамічність. Найбільш чітко і наочно вона реалізується на фоні прояву «насінневих» та «ненасінневих» років. В перші з них в онтогенетичних спектрах суттєво зростає частка (до 80-90%) проростків і, відповідно, вони набувають чітко виражений лівосторонній характер, а популяції – ознак інвазійності. В роки, наступні за насінневими, ступінь вираженості лівосторонності спектрів суттєво залежить від смертності проростків. Якщо рівень їх виживання є високим – лівосторонність зберігається і підтримується протягом ряду наступних років. За умови відмирання всіх або абсолютної більшості проростків, спектри часто набувають структури, яка є ідентичною або наближеною до тієї, що була характерною для даної популяції деревної породи до прояву у неї «насінневого» року.

## ВИСНОВКИ

Основними ознаками онтогенетичних спектрів популяцій ценозоутворюючих деревних порід в мішаних та широколистяних лісах Новгород-Сіверського Полісся є: неповнота, лівосторонність та динамічність. Завдяки домінуванню в більшості онтогенетичних спектрів лісоутворюючих порід частки догенеративних особин, мішані та широколистяні ліси Новгород-Сіверського Полісся мають потенціал для самопідтримання та сталого існування. Однак, факт широкої представленості неповних

спектрів вказує на порушеність в фітоценозах нормального обігу поколінь. Це є одним із результатів довготривалого та інтенсивного антропогенного втручання в ліси Новгород-Сіверського Полісся. Широкомасштабне створення лісових культур, вирубка лісових ділянок та окремих старих дерев суттєво порушили в популяціях ротацію онтогенетичних станів. Це створює реальну загрозу зміни порід, погіршення стану і навіть втрати деяких лісових угруповань. Для подолання зазначених негативних тенденцій необхідне, по-перше – впровадження екологічно орієнтованого лісового господарства, що передбачає широке сприяння процесам, які забезпечують відновлення та підсилення лісами їх здатності до самопідтримання; по-друге – розширення мережі природно-заповідних територій, в межах яких зберігаються лісові екосистеми.

### Список літератури

1. Работнов Т. А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии / Т. А. Работнов // Пробл. ботаники. – 1950. – Вып. 1. – С. 465 – 483.
2. Работнов Т. А. Некоторые вопросы изучения ценоотических популяций / Т. А. Работнов // Бюл. МОИП. Отд. Биол. – 1969. – Т. 74, № 1. – С. 147 – 149.
3. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов / А. А. Уранов // Биол. науки. – 1975. – № 2. – С. 7 – 34.
4. Жукова Л. А. Онтогенез и циклы воспроизведения растений / Л. А. Жукова // Журн. общ. биол. – 1983. – Т. 44, № 3. – С. 361 – 374.
5. Парпан В. И. Структура ценопопуляций бука лесного на вырубках разного возраста / В. И. Парпан, И. В. Воропаева // Популяционная экология растений. – М.: Наука, 1987. – С. 128 – 131.
6. Романовский А. М. Поливариантность онтогенеза *Picea abies* (Pinaceae) в Брянском Полесье / А. М. Романовский // Бот. журн. – 2001. – Т. 86, №8. – С. 72 – 85.
7. Сигналова О. Б. Возрастная структура популяций ольхи кустарниковой в различных экологических условиях южной тундры Средней Сибири / О. Б. Сигналова // Науч. конф. молодых ученых биологов. – М.: МГУ, 1985. – С. 2 – 5.
8. Смирнова О. В. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере лесов европейской части СССР) / О. В. Смирнова, А. А. Чистякова, Р. В. Попадюк. – Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1990. – 92 с.
9. Чистякова А. А. Большой жизненный цикл *Tilia cordata* Mill. (липа сердцевидная) / А. А. Чистякова // Бюл. Моск. о-ва испытат. природы. Отд. биол. – 1979. – Т. 84, вып.1. – С. 85 – 98.
10. Чистякова А. А. Поливариантность онтогенеза и типы поведения деревьев широколиственных лесов / А. А. Чистякова // Популяционная экология растений. – М.: Наука, 1987. – С. 39 – 43.
11. Евстигнеев О. И. Популяционная организация грабовых лесов Каневского заповедника / О. И. Евстигнеев, В. Н. Коротков, Л. В. Бакалына // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. – 1992. – Т. 97, вып. 2. – С. 81 – 89.
12. Евстигнеев О. И. Популяционная экология пионерных видов широколиственного леса / О. И. Евстигнеев, В. Н. Коротков // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. – 1992. – Т. 97, вып. 6. – С. 88 – 96.
13. Кузнецов М. Е. Оценка состояния популяций можжевельника высокого *Juniperus excelsa* Bieb. природно-заповедного фонда юго-восточного Крыма / М. Е. Кузнецов // Карадаг – 2009. – Севастополь, 2009. – С. 109 – 115.
14. Митрофанова М. В. Биологические закономерности развития группировок подроста в широколиственных лесах как основа для моделирования процессов возобновления / М. В. Митрофанова, Н. М. Большаков, А. В. Французов // Науч. Труды Моск. лесотехнического ин-та. – 1990. – Вып. 225. – С. 32 – 44.
15. Николаева С. А. Онтогенетическая структура ценопопуляций кедра сибирского в сообществах восстановительно-возрастного ряда кедровников зеленомошных Кеть-Чулымского междуречья / С. А. Николаева // Вестник Томского гос. ун-та. Сер. Биология. – 2008. – № 3. – С. 71 – 81.
16. Географічна енциклопедія України: в 3 т. – К., 1990. – Т.2. – 480 с.

17. Лукаш О. В. Флора судинних рослин східного Полісся: історія дослідження, конспект / О. В. Лукаш. – Київ: Фітосоціоцентр, 2008. – 436 с.
18. Панченко С. М. Рідкісні види Старогутського лісового масиву (Сумська область) / С. М. Панченко // Укр. ботан. журн. – 1999. – 56, № 1. – С. 22 – 23.
19. Панченко С. М. Рослинність Старогутського лісового масиву / С. М. Панченко // Укр. ботан. журн. – 2001. – 58, № 6. – С. 684 – 693.
20. Панченко С. М. Флора національного природного парку «Десянянсько-Старогутський» та проблеми охорони фіторізноманіття Новгород-Сіверського Полісся / С. М. Панченко. – Суми: Університетська книга, 2005. – 237 с.
21. Скляр В. Г. Онтогенетична структура популяцій лісоутворюючих порід Новгород-Сіверського Полісся в місцезростаннях формації *Pineta sylvestris* / В. Г. Скляр // Матеріали міжнародної наукової конференції «Охорона довкілля та проблеми збалансованого природокористування». – Кам'янець-Подільський, 2011. – С. 20 – 22.
22. Заугольнова Л. Б. Методы построения возрастных спектров ценопопуляций и их оценка / Л. Б. Заугольнова // Изуч. структуры и взаимоотношений популяций. – М.: МГПИ, 1986. – С. 12 – 18.
23. Смирнова О. В. Онтогенез дерева и его отражение в структуре и динамике растительного и почвенного покрова / О. В. Смирнова, М. В. Бобровский // Экология. – 2001. – № 3. – С. 177 – 181.
24. Чистякова А. А. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники / А. А. Чистякова, Л. Б. Заугольнова, И. В. Полтинкина. – М.: Прометей, 1989. – 104 с.
25. Ontogeny of a tree / O. V. Smirnova, A. A. Chistyakova, L. B. Zaigolnova et al. // Ботан. журн. – 1999. – Т. 84, № 12. – С. 8–19.
26. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста / Ю. А. Злобин. – Сумы: Университетская книга, 2009. – 263 с.

**Скляр В.Г. Онтогенетическая структура популяций ценообразующих древесных пород в смешанных и широколиственных лесах Новгород-Северского Полесья / В.Г. Скляр // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С.179-185.**

Для смешанных и широколиственных лесов Новгород-Северского Полесья проведена оценка онтогенетической структуры основных ценообразующих древесных пород. Показано, что основными характеристиками их онтогенетических спектров являются неполночленность, левосторонность и динамичность. Значительная представленность популяций в составе которых отсутствуют особи тех или иных онтогенетических состояний, указывает на нарушенность у ценообразующих видов нормального оборота поколений. Это является результатом длительного и интенсивного антропогенного вмешательства в леса Новгород-Северского Полесья и может иметь негативные последствия в аспекте обеспечения устойчивого и длительного существования современных лесных фитоценозов.

**Ключевые слова:** лесные фитоценозы, лесообразующие породы, онтогенетическая структура популяций, онтогенетические спектры.

**Skliar V.G. Ontogenetic structure population of tree species in mixed and deciduous forests of the Novgorod –Sivers'k Polissia / Skliar V.G. // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 179-185.**

For mixed and deciduous forests of the Novgorod-Sivers'k Polissia assess developmental structure of the main tree species. Shown that the characteristics of their ontogenetic spectrum are not full, shift to the left and dynamism. Significant representation the populations where there are no plants of some ontogenetic states indicate a problem with the normal turnover of generations, which is the result of long and intensive human intervention in forest of the Novgorod-Sivers'k Polissia. These features may have negative consequences in terms of sustainable and long-term presence of modern forest plant communities.

**Keywords:** forest plant communities, tree species, ontogenetic structure of population, ontogenetic spectrum.

*Поступила в редакцию 21.11.2012 г.*

**УДК 599.6+591.571**

## **ОБОРОНИТЕЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ КРЫМСКОГО БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ *CERVUS ELAPHUS***

***Соловьев В.В.***

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: viktor.screb@yandex.ru*

В работе подробно описано оборонительное поведение крымского благородного оленя. Наиболее существенными для проявления оборонительной реакции оказались следующие факторы: количество животных в группе, наличие теленка у самки, место нахождения животных и контрастность расцветки стимула опасности, т.е. 4 фактора из 8 исследованных.

**Ключевые слова:** крымский благородный олень, оборонительное поведение, Крым.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Актуальность проблем, возникающих при взаимоотношениях человеческого общества с окружающей средой, в настоящее время велика. Налицо мощное антропогенное давление на фауну Крыма [1].

Один из частных аспектов этой проблемы – взаимоотношения человека и крупных копытных фауны Крыма, таких как благородный крымский олень, представляющий собой один из ценных объектов охотничьего хозяйства.

Для мониторинга, контроля и восстановления популяции крымского оленя необходимо понимание поведения оленей. Из-за роста рекреационной нагрузки на территории Крыма благородному оленю все чаще приходится сталкиваться с человеком. Поэтому очень важно понимать причины возможные типы проявления оборонительного поведения у этих крупных животных.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследования по изучению поведения крымского благородного оленя проводились автором на территории КГЗООХ в июне-феврале 1982 г. и в марте-апреле 1983 г. В качестве базового лагеря использовался кордон Дубрава Центрального лесничества. Место базы было выбрано с учетом разнообразности ландшафтов заповедника и доступности наблюдения за оленями.

В окрестностях базы имеются хвойный и лиственный леса, балки, горы и яйла, что дает возможность получать сравнительные данные. Основными ориентирами мест наблюдений были выбраны следующие пункты этого района заповедника: плато Бабуган, горы Роман-Кош, Малая и Большая Чучель, Черная, хребет Синабдаг и урочище Барла-Кош, долина реки Кача (ближе к истокам).

Наблюдения за животными проводились описательным способом с подхода или из засидки. С подхода в основном проводилось изучение оборонительного поведения, для чего при каждой встрече фиксировались следующие параметры: половая принадлежность, количество оленей, репродуктивное состояние, время года, время суток, погода.

Проводились эксперименты, связанные с оборонительной реакцией животного на стандартный раздражитель (спокойно, без жестов и криков идущий человек). При этом регистрировались расстояния между человеком и зверем на разных стадиях развертывания оборонительного поведения [2].

Для наблюдения и фиксирования поведенческих актов использовались полевой бинокль 8x30, фотоаппарат «Зенит-ТТ1» с объективом «Гелиос-44», фототружью «Зенит-С» с объективом «Таир-33», хронометр и код для записи индивидуального поведения оленей.

Фотографирование проводилось как с целью фиксации отдельных поведенческих актов, так и с целью получить серии фотографий, отражающие последовательность поведенческих актов крымского благородного оленя в естественных условиях.

Для обработки полученных данных использовались стандартные методы статистической обработки [3].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Страх, стремление убежать от приближающегося человека наблюдается у олененка в первый час после рождения [4].

Основным стимулом, вызывающим у оленя оборонительную реакцию, в условиях Крыма является появление человека и, кроме того, машин, мотоциклов, самолетов, вертолетов, а также других животных (косуля, муфлон, кабан, заяц), в том числе хищников (одичавшая собака, лиса), а также различные природные явления (гроза, ветер) и, вызванные ними, падение деревьев, веток, камней и т.п.. Восприятие этих стимулов происходит при помощи органов зрения, слуха и обоняния.

Реакция осматривания по своему назначению является полуфункциональной реакцией, которая является обязательной частью репертуара любого типа активности. Обсуждая оборонительное поведение, мы не всегда можем вычленишь, сколько раз реакция осматривания использовалась для поиска пищевого стимула, а сколько раз – для обнаружения стимула опасности, хотя имеются некоторые признаки, по которым иногда можно уверенно сказать, что реакция осматривания вызвана стимулом опасности. Реакция осматривания разнокачественна и здесь следует различать неспровоцированную реакцию осматривания, вызванную каким-либо акустическим или ольфакторным сигналом, при которых олень осматривается с целью обнаружить источник данного стимула визуально. Акустические и ольфакторные сигналы иногда могут сами запускать реакцию бегства, но в этих случаях обязательно должна следовать остановка и визуальная оценка стимула тревоги.

Наши наблюдения за поведением оленей позволяют предполагать, что олени хорошо знают окружающую их обстановку, и способны заранее предвидеть

возможность появления опасности в том или ином месте. По сути дела у них накапливается индивидуальный опыт.

Приведем для примера последовательность двигательных и оборонительных реакций группы оленей, наблюдавшейся нами в вечернее время при выходе их на яйлу. Выйдя из леса, группа из 17 оленей стала пастись, медленно продвигаясь вверх по склону в сторону яйлы. При близости леса стимул опасности наиболее вероятен со стороны опушки, т.к. в лесу больше раздражителей (животные, треск веток, падение камней и деревьев и пр.). В таких местах олени, отрываясь от травы, чаще смотрят на лес, чем в сторону яйлы. При удалении от леса и при приближении к гребню яйлы внимание животных обращается в противоположную от леса сторону. Когда олени подошли на расстояние примерно 150-200 м до гребня, от группы отделился один олень и пошел вверх, уже не срывая траву. Шел осторожно, медленно, будто крадучись, и все время оглядываясь по сторонам, обращая особое внимание в сторону гряды скал, параллельно которой шел. Метрах в 50-60 от него почти так же осторожно следовали еще 2 оленя, остальные же время от времени продолжали пастись. Когда первый олень перевалил через хребет, все олени одновременно перестали пастись и быстрым шагом стали подниматься за ним на яйлу. После того, как большая часть группы поднялась на яйлу, трое замыкающих оленей задержались на склоне и внимательно осмотрели местность позади себя. Лишь убедившись в отсутствии тревожных символов, они также поднялись на яйлу и присоединились к группе.

Примерно в такой же последовательности протекают действия оленей в группах при выходе из-под полога леса на открытое место и наоборот. Причем граница, разделяющая микробиотопы, нередко преодолевается бегом. Места расположения таких переходов довольно постоянны и в них лежат хорошо проторенные тропы. Нужно отметить, что постоянные тропы, идущие к местам дневок, ночевок, к воде и пастбищам, проходят с минимальным подъемом или спуском, что очень экономит силы оленей при переходах.

Известно, что цель реакции осматривания – обнаружение стимула опасности, и, как уже говорилось, она возникает при появлении какого-либо раздражителя. При этом следует обратить внимание на положение оленей. Животное, обнаружившее опасность, становится в позу внимания; по истечении 1-2 секунд вся группа уже стоит в этой позе. Это время зависит от количества животных в стаде, от рельефа местности, от облиственности леса и пр.

Если предмет раздражения сразу не обнаруживается, то животные усиливают внимание, что заметно по положению голов и ушей. Все стадо смотрит в разные стороны, водит ушами и принохивается, чтобы удостовериться в опасности или безопасности. Если же стимул подкрепляется, вступает следующая реакция оборонительного поведения – реакция внимания, цель которой ознакомиться со стимулом, опознать его, изучить и оценить свое положение. В этом случае животное замирает, перестает жевать и даже дышит с перерывами, направляя уши в одну сторону и широко открывая ноздри.

В случае подкрепления реакции внимания действительной действительно опасностью (человек, автотранспорт и др.) наступает реакция бегства. Основная

цель этой реакции – установить безопасную дистанцию с тревожащим фактором и выбрать выгодное, для следующей реакции (остановки) положение. Следовательно, олень не просто убегает, а убегает, выбирая направление бегства. Направление бегства в большинстве случаев выбирается в сторону леса или обширной хорошо просматриваемой местности. При этом следующая реакция – остановка – должна быть возможностью визуального слежения за стимулом опасности. Если опасность не исчезает, олени уходят сразу или с еще несколькими остановками. Вполне возможно, что такое поведение говорит о том, что олени не терпят долгого нахождения в зоне визуального слежения со стороны стимула опасности. Даже на яйле, на большом расстоянии от человека (до 1 км), олени медленно, продолжая пасти, будут стараться скрыться из виду.

Изучение оборонительного поведения в основном проводилось с подхода, для чего при каждой встрече фиксировались градации параметров эколого-этологических факторов. На основании полученных данных были рассчитаны средние значения и показатели изменчивости этих факторов, а также определена степень достоверности различий между категориями каждого фактора (табл. 1).

В качестве критерия различия при сравнении количественных данных использован коэффициент достоверности различий средних величин (критерий Стьюдента). Следует отметить, что все исследуемые параметры регистрировались в разное время года, суток, при различной погоде и других проявлениях экологических факторов.

Избрав одним из параметров половую принадлежность, мы фиксировали оборонительное поведение (при появлении стимула опасности) отдельно, как у самок, так и у самцов крымского благородного оленя, при этом животные наблюдались как в группах, так и одиночными особями. Достоверных различий в оборонительном поведении самцов и самок установлено не было, однако средние расстояния, на которых проявляется оборонительная реакция, составляют у самцов и самок соответственно 89,3 и 104 м, что составляет разницу примерно в 15 м. Это подтверждают и многолетние наблюдения, из которых видно, что основная роль в обнаружении стимула опасности у оленей приходится на самок. Учитывая, что большую часть времени (во время рева и жировки) самцы находятся в одиночестве или мелких группах, мы можем говорить о слабой их чувствительности к стимулам опасности. У одиночных оленей, как и у пары (независимо от половой принадлежности), резко ослабевает реакция оборонительного поведения по сравнению с группой 3 или более животных, которые значительно быстрее обнаруживают стимул опасности. Однако следует сделать оговорку – чрезмерное увеличение стада ведет к обратному эффекту. Это объясняется тем, что увеличение стада связано с визуальными помехами пасущихся зверей [5].

Не последнюю роль в проявлениях оборонительного поведения играет рельеф местности и частота растущих на ней деревьев или кустарников. Животное, среагировавшее на стимул опасности, на такой местности может остаться незамеченным. Полученные нами данные подтверждаются достоверными различиями увеличения дистанции испуга у группы из 3 и более оленей по отношению к одиночным животным (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Средние значения изменчивости эколого-этологических факторов и**  
**достоверность различий между категориями каждого фактора**

| № п.п. | Параметры                                    | Кол-во наблюдений | Предельные значения, м. | Среднее арифметическое ± стандартное отклонение | Ошибка репрезентативности | Коэффициент вариации | t критерий Стьюдента |
|--------|--|-------------------|-------------------------|---|---------------------------|----------------------|----------------------|
| 1.     | Половая принадлежность                       |                   |                         |   |                           |                      |                      |
|        | Самцы  | 59                | 10-350                  | 89,3±8,9  | 76,4                      | 68,2                 | 1,22                 |
|        | Самки  | 120               | 8-400                   | 104±8,16  | 86,1                      | 89,5                 |                      |
| 2      | Количество оленей                            |                   |                         |   |                           |                      |                      |
|        | 1) 1 олень                                   | 72                | 10-400                  | 79,2±7,8  | 84,0                      | 66,5                 | 1-2 – 0,35           |
|        | 2) 2 оленя                                   | 76                | 8-200                   | 75,9±5,4  | 61,8                      | 46,9                 | 1-3 – 2,32           |
|        | 3) более 2 оленей                            | 150               | 10-400                  | 103,7±7,1                                       | 84,2                      | 87,3                 | 2-3 – 3,11           |
| 3      | Репродуктивное состояние                     |                   |                         |   |                           |                      |                      |
|        | Гон  | 32                | 10-250                  | 84,9±12,1                                       | 98,8                      | 88,3                 | 0,69                 |
|        | Не гон                                       | 53                | 2-400                   | 101±11,7  | 84,5                      | 85,4                 | 1-2 – 2,67           |
|        | 1) с теленком                                | 18                | 20-300                  | 106,7±16,3                                      | 64,9                      | 69,3                 | 1-3 – 2,38           |
|        | 2) без теленка                               | 52                | 8-150                   | 61,1±4,9  | 57,9                      | 35,4                 | 2-3 – 0,26           |
|        | 3) сеголеток                                 | 8                 | 20-120                  | 57,5±12,6                                       | 62,3                      | 35,8                 |                      |
| 4      | Местонахождение оленей                       |                   |                         |   |                           |                      |                      |
|        | В лесу                                       | 77                | 20-250                  | 84,8±6,9  | 71,5                      | 60,6                 | 2,66                 |
|        | На открытом месте                            | 41                | 20-250                  | 118,5±10,6                                      | 57,1                      | 67,7                 |                      |
| 5      | Состояние леса                               |                   |                         |   |                           |                      |                      |
|        | Безлиственный                                | 141               | 8-400                   | 95,4±7,5  | 93,6                      | 89,3                 |                      |
|        | Облиственный                                 | 111               | 10-300                  | 77,9±5,6  | 74,3                      | 58,7                 | 1,87                 |
| 6      | Высотное взаиморасположение оленя и человека |                   |                         |   |                           |                      |                      |
|        | 1) олень выше                                | 7                 | 40-180                  | 90,0±18,4                                       | 54,0                      | 48,6                 | 1-2 – 0,50           |
|        | 2) на одном уровне                           | 3                 | 20-150                  | 67,3±41,5                                       | 106,7                     | 71,8                 | 1-3 – 1,22           |
|        | 3) олень ниже                                | 4                 | 30-100                  | 60,5±15,6                                       | 51,6                      | 31,2                 | 2-3 – 0,154          |
| 7      | Количество людей                             |                   |                         |   |                           |                      |                      |
|        | Один   | 25                | 8-150                   | 70,7±8,2  | 58,4                      | 41,3                 | 0,025                |
|        | Два и более                                  | 9                 | 10-180                  | 70,2±18,1                                       | 77,5                      | 54,4                 |                      |
| 8      | Контрастность одежды людей                   |                   |                         |   |                           |                      |                      |
|        | Контрастная                                  | 3                 | 70-180                  | 123,3±31,8                                      | 44,7                      | 55,1                 | 2,114                |
|        | Неконтрастная                                | 5                 | 20-100                  | 50,4±13,3                                       | 59,1                      | 29,8                 |                      |

Другое репродуктивное состояние оленей: самка с теленком, самка без теленка и сеголеток. Здесь, как и следовало ожидать, дистанция оборонительной реакции резко возрастает у животного с теленком по отношению к яловым самкам и сеголеткам. Дистанция реакции на стимулы опасности равна соответственно 106,7-61,1-57,5 м. Различия достоверны у самки с теленком по отношению к сеголетке = 2,38, у яловой самки и самки с теленком = 2,67, а у сеголеток и яловых самок достоверных различий мы не получили = 0,26.

Интересно, что самки, имеющие телят, иногда издают сигнал тревоги. Все случаи, когда наблюдалась подача звукового сигнала тревоги, зарегистрированы

под пологом леса. На открытом месте такие сигналы по-видимому не используются. Причина, как нам кажется, состоит в том, что на открытом месте звуковые сигналы более эффективны, чем зрительные.

Звуковой сигнал тревоги у оленей напоминает отрывистый лай. «Лай» оленя характеризуется низким и грубым тембром, он отрывист и похож на короткий рык и храп одновременно. Олень «лает», как правило, один раз и изредка еще второй, но обязательно с ощутимым промежутком времени после первого сигнала. Если животное подает свой сигнал тревоги в узком ущелье, то он производит довольно внушительное впечатление, и, как нам кажется, этот сигнал тревоги вполне может выполнять и вторую функцию – потенциальный сигнал угрозы.

В зимний период в КГЗОО олени испытывают затруднения, особенно в горных районах. С увеличением снежного покрова передвижение животных значительно затрудняется. Двигаясь в спокойной обстановке по снегу, олени держатся цепочкой. Уставший лидер останавливается и сходит с тропы, пропуская вперед идущих следом. Здесь вожака обнаружить трудно, т.к. идет борьба за меньшую затрату сил, которые в зимних условиях восстанавливаются с трудом, в связи с большой теплоотдачей мышц, работающих при переходах и поисках пищи. При появлении стимула опасности олени отбегают всего на 20-30 м, затем они вынуждены останавливаться для краткой передышки и смены пробирающего траншею лидера. Далее следует новый рывок. На склонах Бабуган-яйлы снег зачастую бывает им по лопатки.

Достоверных различий в проявлении оборонительной реакции у крымских благородных оленей зимой и летом не обнаружено ( $=1,64$ ), однако среднее расстояние действия оборонительного поведения в зимний период больше примерно на 19 м, чем в летний. Это можно объяснить тем, что зимой почти нет отвлекающих запахов, безлистный лес, просматриваемый на значительное расстояние, а также на фоне белого снега хорошо заметны движущиеся предметы.

Рассматривая параметр – время суток, который мы разделили на категории: утро, полдень, вечер, мы не получили достоверных различий, однако, средняя дистанция реакции на стимул опасности показала, что в утреннее и дневное время они менее осторожны (61,5; 69,6 м). В вечернее время дистанция реакции оборонительного поведения возрастает до 82,1 м. С наступлением сумерек ослабевает зрительное восприятие, но усиливается слуховое и ольфакторное. Олени, поднимая голову, дольше прислушиваются и, приносясь, широко раскрывают ноздри, от чего вечером часто можно услышать «фырканье», вероятно, от попавших насекомых или пыли.

Местонахождение оленей в лесу и на открытом месте несомненно показывает, что средняя дистанция реакции оборонительного поведения увеличивается на хорошо просматриваемых участках. Коэффициент достоверности разности средних величин на облесенных и открытых биотопах получился у нас 2,66.

Достоверного различия в оборонительном поведении благородных оленей в зависимости от состояния леса (безлистный, облиственный) не получено, однако, по среднему расстоянию реакции на стимул опасности мы видим, что животные дальше реагируют в безлистном лесу (95,4 м), чем в облиственном (77,9 м).

Как известно, в оборонительном поведении зрительное восприятие играет опознавательную роль, но и другие органы чувств несут ответственность за выявление и опознание стимула опасности. Здесь важно отметить, что высотное взаиморасположение оленей и человека, хотя и не дают достоверной разности средних расстояний, все равно имеет определенное значение. Олени, находящиеся выше уровня идущего человека, замечают его гораздо меньше, чем животные на одном уровне с ним или ниже. Средние расстояния, отмеченные нами, равны соответственно 90, 67,3 и 60,5 м.

Количество людей, по нашим данным, не влияет на оборонительное поведение, однако, двое или более человек оказываются быстрее замеченными, чем один. То же можно сказать и о контрастности одежды, хотя количество одежды, хотя количество наблюдений мало, достоверное различие расстояний реакции обнаружения человека – налицо ( $t = 2,11$ ), а среднее расстояние при контрастной одежде  $123 \pm 31,8$  м, при неконтрастной –  $50,4 \pm 13,3$  м.

### ВЫВОД

Наиболее существенными для проявления оборонительной реакции оказались следующие факторы: количество животных в группе, наличие теленка у самки, место нахождения животных и контрастность расцветки стимула опасности – то есть, 4 фактора из 8 исследованных.

### Список литературы

1. Биоразнообразие Крыма: оценка и потребности сохранения / Рабочие материалы, представленные на международный рабочий семинар (Ноябрь – 1997, Гурзуф). Под ред. В.В. Корженевского, В.А. Бокова, А.И. Дулицкого. – Biodiversity Support Program (Программа Поддержки Биоразнообразия). – 131 с.
2. Баскин Л.М. Северный олень. Экология и поведение. / Баскин Л.М. – М.: Изд-во «Наука» 1970. – 203 с.
3. Плохинский Н.А. Биометрия. / Плохинский Н.А. – М.: Изд-во МГУ, 1970 – 367 с.
4. Баскин Л.М. Поведение копытных животных. / Баскин Л.М. – М.: Изд-во «Наука», 1976. – 195 с.
5. Шовен Р. Поведение животных: Пер. с франц. / Шовен Р. – М.: Мир, 1972. – 478 с.

**Солов'йов В.В. Оборонна поведінка кримського благородного оленя *Cervus elaphus* / В.В. Солов'йов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 186-192.**

У роботі детально описана захисна поведінка кримського благородного оленя. З'ясовано, що найбільш істотними для прояву оборонної реакції виявилися наступні фактори: кількість тварин у групі, наявність теляти у самки, місце знаходження тварин і контрастність забарвлення стимулу небезпеки, тобто 4 фактори з 11 досліджених.

**Ключові слова:** кримський благородний олень, оборонна поведінка, Крим.

**Solovyov V.V. Defending behaviour of the Crimean red deer *Cervus elaphus* / V.V. Solovyov // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 186-192.**

Defending behaviour of Crimean red deer is described in detail. The most significant factors were found to be the following ones (4 from 11): group size, presence of a calf, location of an individual and contrast of coloration of a dangerous signal.

**Keywords:** Crimean red deer, defending behavior, Crimea.

Поступила в редакцію 29.11.2012 г.

УДК 582.736.3:057.086.83/88

## ВЛИЯНИЕ МАРГАНЦА НА РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ *ASTRAGALUS DASYANTHUS* (PALL.) В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Теплицкая Л.М., Юркова И.Н., Кутявина Ю.Н., Решетник Г.В.

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: lm\_teplicskaya@ukr.net

Показано влияние различных концентраций марганца в питательной среде на ростовой индекс и цитоморфологические особенности каллусной культуры *Astragalus dasyanthus* Pall. *in vitro*.

**Ключевые слова:** *Astragalus dasyanthus*, каллусная культура *in vitro*, марганец.

### ВВЕДЕНИЕ

Астрагал шерстистоцветковый (*Astragalus dasyanthus* Pall.) – ценное лекарственное растение. Ранее этот вид был широко распространён в степных и лесостепных районах [1, 2]. В настоящее время местонахождение этого растения считают реликтовыми, ареал его стал разорванным, фрагментарным. С 1980 года астрагал шерстистоцветковый занесен в Красную книгу Украины [3]. В растениях *Astragalus dasyanthus* обнаружены тритерпеновые гликозиды (аналогичные по действию сердечным гликозидам), флавоноиды, полисахариды, дубильные вещества, аминокислоты, витамины, макро- и микроэлементы. Важной особенностью растений, является способность избирательно накапливать марганец из почвы. Марганец представляет собой физиологически важный микроэлемент, незаменимый в жизнедеятельности человека и животных. Дефицит марганца отрицательно сказывается на стабильности мембран нервных клеток и нервной системы в целом. Усвоение марганца с увеличением возраста снижается, хотя потребность в нем сохраняется прежняя. Это создает благоприятный фон для развития злокачественных новообразований и сердечнососудистых заболеваний. Одним из источников микроэлементов наиболее доступной(биологически доступной) форме являются растения. Перспективным путём получения растительной биомассы, обогащенной микроэлементами, является культура *in vitro*. Этот метод позволяет в короткие сроки получать клеточные культуры растений, которые могут быть использованы как источник микроэлементов и биологически активных веществ.

Целью работы являлось изучение влияния Mn марганца на особенности роста каллусной культуры *Astragalus dasyanthus* (Pall.) в культуре *in vitro*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования служили пассируемые каллусные культуры астрагала шерстистоцветкового [4]. При выполнении экспериментальной работы использовали методы, общепринятые в исследованиях по культуре изолированных тканей растений [5]. Клеточные культуры V пассажа выращивали до стационарной фазы роста на модифицированной агаризованной питательной среде Мурасиге и Скуга (МС), дополненной 2,4 – Д – 2,0 мг/л, 6-БАП – 0,5 мг/л и кинетином – 0,5 мг/л. Содержание марганца (Mn) составляло 1,0., 2,0., 5,0., 10,0 и 15,0 мг/л.

Каллус культивировали в условиях термостатического помещения (25<sup>°C</sup>) при относительной влажности воздуха 65 %, освещенности 2 тыс. люкс и 16 – часовом фотопериоде.

Индекс роста (отношение среднего объема каллусной культуры к исходному объему каллуса после 9 недель культивирования) определяли морфометрическим методом. Морфологию клеточных культур астрагала шерстистоцветкового оценивали визуально. Цитологические исследования каллуса астрагала шерстистоцветкового контрольного варианта, проводились на временных препаратах, окрашенных ацетокармином [6]. Наблюдение проводили на микроскопе МБИ – 5, с объективами  $\times 5$  и  $\times 10$ . Для проведения микрофотосъемки использовали пакет прикладных программ «PVR Plus» фотоаппараты и «Praktika super», с специальной кольцевой фотонасадкой для микрофотосъемок МФН – 5.

Все полученные экспериментальные данные подвергались статистической обработке с помощью методов статистического анализа в Star Soft Statistica 6.0. Использовались критерии описательной статистики, критерий Колмогорова-Смирнова для определения нормальности выборок с целью определения достоверности различий [7, 8].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование закономерностей роста каллусных культур астрагала шерстистоцветкового в зависимости от концентрации в питательной среде марганца показало, что при культивировании каллуса на питательных средах с постоянной концентрацией марганца снижение ростового индекса наблюдалось на концентрации марганца 1,0 и 15,0 мг/л на протяжении всего эксперимента. Максимальный прирост биомассы наблюдался на питательных средах содержащих марганец в концентрации 5,0, 10,0 мг и в контроле (табл. 1).

Как видно из таблицы 1. на протяжении первого месяца после пересадки каллуса на модифицированные среды MS наблюдалось увеличение каллусной массы во всех вариантах. Через два месяца культивирования нарастание каллусной массы происходило на среде MS с концентрацией марганца 2,0, 5,0, 10,0 мг/л и в контрольном варианте. Каллус представлял собой массу оводненных рыхлых клеток, окрашенных в светло-желтый цвет. В ходе исследования на контрольной безгормональной среде МС – 1 наблюдалось активное формирование каллуса на протяжении всего эксперимента (9 месяцев культивирования).

Таблица 1

Влияние концентраций марганца в питательной среде на каллусогенез *Astragalus dasyanthus* Pall.

| № п/п | Варианты питательной среды Мурасиге–Скуга | Состояние культуры и каллусогенез  |
|-------|---|--|
| 1.    | МС – 1<br>контроль                        | активное образование оводненного каллуса светло – желтого цвета на протяжении 9 месяцев культивирования.                       |
| 2.    | МС – 2<br>(1,0 мг/л Mn)                   | 1 месяц – незначительный прирост массы. Каллус светло-желтого цвета. После 1 месяца культивирования прироста массы не отмечено |
| 3.    | МС- 3<br>(2,0 мг/л Mn)                    | 1 месяц - незначительный прирост массы. Каллус желтого цвета. После 4 месяца культивирования наблюдался активный рост биомассы |
| 4.    | МС – 4<br>(5,0 мг/л Mn)                   | активное образование оводненного каллуса светло-желтого цвета в течение 9 месяцев культивирования                              |
| 5.    | МС – 5<br>(10,0 мг/л Mn)                  | активное формирование оводненного каллуса желтого цвета в течение 9 месяцев культивирования                                    |
| 6.    | МС – 6<br>(15,0 мг/л Mn)                  | 1 месяц – незначительный прирост массы. Каллус светло-желтого цвета. После 2 месяца прироста массы не отмечено                 |

В процессе субкультивирования наблюдались незначительные изменения в цвете каллуса (от светло-желтого до светло – коричневого).

Каллус, культивируемый на питательной среде МС – 2 (рис.1, 2) и МС – 3 (рис.3) характеризовался незначительным ростом на начальных стадиях культивирования. В последующие месяцы слабый прирост биомассы наблюдался только на среде МС – 3. Каллус, культивируемый на питательных средах МС - 4 (рис.4) и МС - 5 (рис.5) характеризовался интенсивным ростом, значительной оводненностью и рыхлой структурой. На начальных стадиях культивирования цвет данных каллусных культур был светло – желтым. В процессе субкультивирования цвет каллуса значительно не изменялся. На питательной среде МС–6 также наблюдался незначительный прирост биомассы за весь период субкультивирования (рис.6).

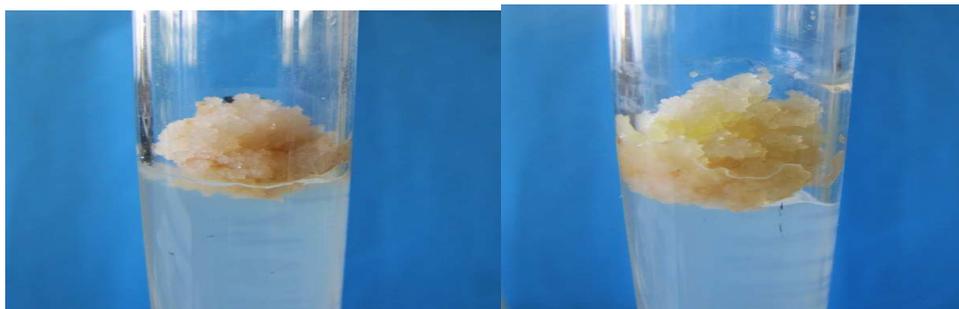


Рис. 1. Внешний вид каллуса астрагала шерстистоцветкового на среде Мурасига и Скуга, (МС-1) не содержащей Mn (контроль)

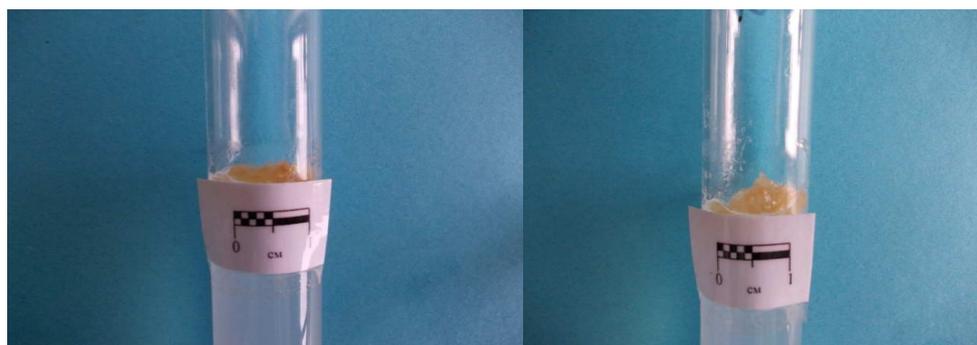


Рис.2. Внешний вид каллуса астрагала шерстистоцветкового на среде Мурасига и Скуга, (МС-2) содержащей Mn в конц. 1,0 мг/л.



Рис.3. Внешний вид каллуса астрагала шерстистоцветкового на среде Мурасига и Скуга, (МС-3) содержащей Mn в конц. 2,0 мг/л.



Рис.4 Внешний вид каллуса астрагала шерстистоцветкового на среде Мура сига и Скуга, (МС-4) содержащей Mn в конц. 5,0 мг/л



Рис.5. Внешний вид каллуса астрагала шерстистоцветкового на среде Мура сига и Скуга, (МС-5) содержащей Mn в конц. 10,0 мг/л.



Рис.6. Внешний вид каллуса астрагала шерстистоцветкового на среде Мура сига и Скуга, (МС-6) содержащей Mn в конц. 15,0 мг/л.

Для интенсивного образования каллусной массы астрагала шерстистоцветкового, аккумулирующего марганец, оптимальной оказалась питательная среда МС – 4 и МС - 5, содержащая 2,4 –Д - 2,0 мг/л, 6-БАП – 0,5 мг/л, кинетин - 0,5 мг/л, аскорбиновую кислоту - 5,0 мг/л и марганец в концентрации 5 и 10 мг/л соответственно, на которой отмечено активное образование каллуса при длительном культивировании до 9 месяцев (рис. 7).

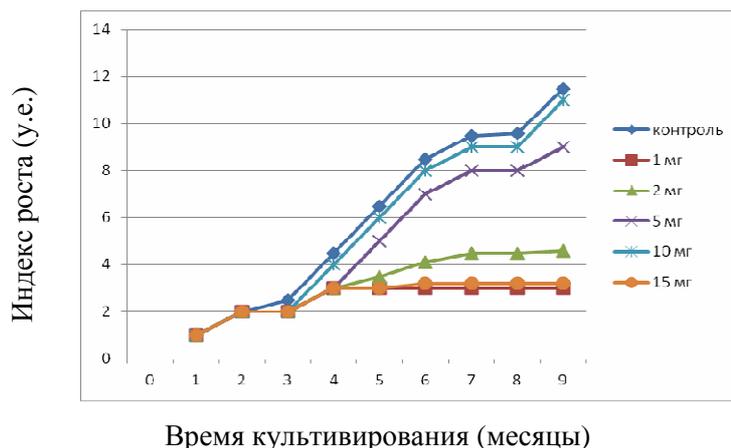


Рис.7. Изменение ростового индекса каллусной культуры *Astragalus dasyanthus* Pall. в процессе культивирования (9 месяцев).

В ходе исследований проводилось изучение цитоморфологических параметров клеток каллусной ткани. Цитологические исследования позволили установить, что каллус астрагала шерстистоцветкового состоит из клеток, которые можно отнести к двум основным морфологическим типам:

1) меристематического типа – сравнительно мелкие изодиаметрической формы, с интенсивно окрашенной цитоплазмой и ядром. За счет митотических делений этих клеток осуществляется рост каллусной культуры (рис.11).

2) паренхимного типа – различные по величине, с слабо окрашивающейся цитоплазмой и интенсивно окрашивающейся клеточной стенкой. Данный тип клеток составляет основную массу каллусной ткани. Такие клетки имели округлую, овальную, неправильную, вытянутую и червеобразную формы, располагались в основном вокруг локальных скоплений клеток меристематического типа (рис.8–11).

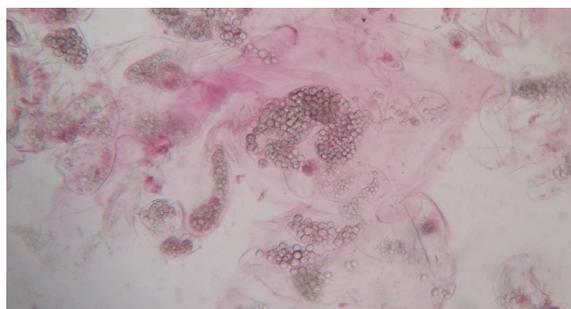


Рис. 8. Запасяющие клетки каллусной культуры астрагала шерстистоцветкового (*A.dasyanthus*)



Рис. 9. Вытянутые и червеобразные клетки каллуса астрагала шерстистоцветкового (*A.dasyanthus*)

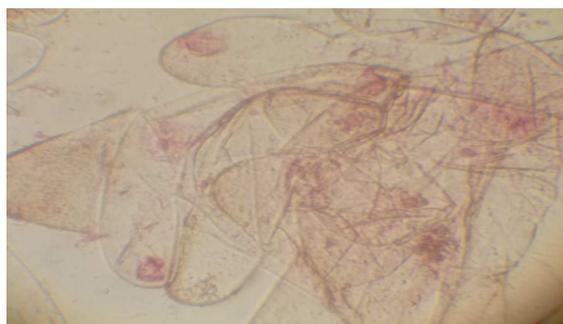


Рис. 10. Гигантские клетки каллуса астрагала шерстистоцветкового (*A.dasyanthus*)

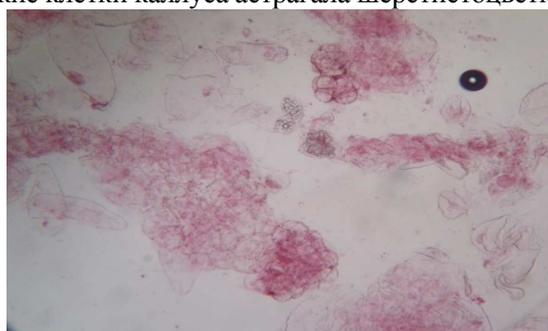


Рис. 11. Скопления клеток каллуса астрагала шерстистоцветкового меристематического и паренхимного типа.

Большинство клеток каллуса культивируемого на среде МС-1, представлено клетками меристематического типа, количество которых составляло 75,9% ( $\pm 7,6$ ) (рис. 12) число клеток других типов составило незначительное число: неправильной формы 8,4 % ( $\pm 0,9$ ), овальных – 6,0 % ( $\pm 0,7$ ), вытянутых – 1,2 % ( $\pm 0,2$ ), червеобразных и гигантских – 1,8 % ( $\pm 0,2$ ) и 6,7 % ( $\pm 0,7$ ). При цитоморфологическом анализе каллусных клеток культивируемых на среде с добавлением марганца МС-4 было установлено, что доля меристематических клеток снизилась до 66,3 % ( $\pm 1,7$ ), количество клеток неправильной формы увеличилось до 11,7 % ( $\pm 1,2$ ), овальных уменьшилось незначительно, число вытянутых увеличилось

до 1,7 % ( $\pm 0,2$ ), червеобразных до 2,0 % ( $\pm 0,3$ ). Значительно увеличилось количество гигантских клеток в 2 раза до 12,3 % ( $\pm 1,3$ ).

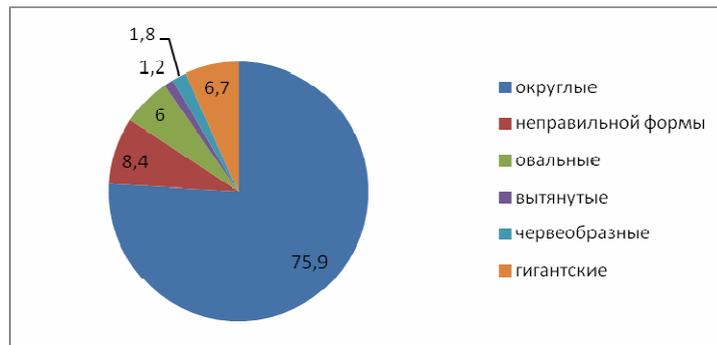


Рис.12. Соотношение различных типов клеток каллусной ткани астрагала шерстистоцветкового на среде МС – 1.

Результаты цитологического анализа каллусных культур показали, что они состояли из рыхло расположенных клеток, легко отделяющихся друг от друга в результате непрочного контакта между ними. При этом в каллусе не были обнаружены морфогенные структуры в виде зачатков почек или эмбриоидов. Установленный факт позволяет сделать заключение, что каллус астрагала шерстистоцветкового, индуцируемый на питательной среде, дополненной 2,4 - Д, БАП и кинетином может быть использован для получения суспензионной культуры, поскольку свойство каллуса легко распадаться на отдельные клетки и клеточные агрегаты является определяющим фактором при глубинном культивировании. С другой стороны, присутствие в каллусных культурах астрагала шерстистоцветкового крупных локальных скоплений клеток меристематического типа делает их удачным объектом для индукции органогенеза или соматического эмбриогенеза [9]. Именно эти клетки, сохраняющие способность к пролиферации, обычно являются своеобразными центрами индукции морфогенеза. В этой связи каллусная культура астрагала шерстистоцветкового может быть использована не только для получения клеточной суспензии, но и, для интенсивного клонального микроразмножения данного вида.

### ВЫВОДЫ

1. Установлено, что оптимальной для интенсивного роста каллусной культуры *A.dasyanthus* является модифицированная питательная среда Мурасиге и Скуга вариант МС-4 и МС-5, содержащая 2,4-Д-2,0 мг/л, 6-БАП-50,5 мг/л, кинетин-0,5 мг/л, аскорбиновую кислоту -5,0 мг/л и марганец в концентрации 5,0 и 10,0 мг/л.
2. Показано, что показатель индекса роста каллусной культуры *A.dasyanthus* на оптимальных вариантах питательных сред составил 9 и 11 условных единиц.
3. Сравнительный цитоморфологический анализ каллусных культур показал наличие прямой связи между соотношением в культурах клеток различного типа и индексом роста.

Список литературы

1. Аркушина Г.В. Урбановфлора Кировограда : автореф. дис... канд. биол. наук / Г.В. Аркушина. – Ялта, 2007. – 20 с.
2. Балабай И. В. Растения, которые нас лечат / И.В. Балабай, А.К. Нистрян. — К., 1981. — С. 35.
3. Гончаров Н.Ф. Astragalus L. - Астрагал. / Гончаров Н.Ф. // Флора СССР. М. - Л. : Изд-во АН СССР, 1946. – т. 12. - С. 114-117.
4. Получение каллусных культур *Astragalus dasyanthus* Pall. и анализ их ростовой активности при выращивании на питательных средах с различной концентрацией селена / В.П. Тайкова, И.Н. Юркова, И.А. Бугара, А.М. Бугара // Биотехнология. Наука. Образование. Практика : материалы Межд. науч. конф. (Днепропетровск, 11-13 ноября 2008 г.): мат. Конф. – Днепропетровск : ДВНЗ, 2008. – С. 173-174.
5. Калинин Ф.Л. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений / Ф.Л. Калинин, В.В. Сарнацкая, В.Е.Полищук. - Киев : Наукова думка, 1980. – С. 488.
6. Паушева Л.А. Практикум по цитологии растений. Паушева Л.А. – М : Колос, 1980. - 304 с.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия / Лакин Г.Ф..Издание 4-е пер. и док.- М. : Высшая школа, 1990. – 354 с.
8. Плохинский Н.А. Математические методы в биологии / Плохинский Н.А. – М. : из-во МГУ, 1978.-261с.
9. Бугара И.А. Получение и цитологический анализ каллусных культур астрагала шерстистоцветкового (*Astragalus dasyanthus* Pall) / И.А. Бугара, И.Н.Юркова, А.М.Бугара // Ученые записки Таврического национального университета. Серия «Биология и химия» - 2008. - Т.21(60), №2. - С. 9-14.

**Теплицька Л.М. Вплив марганцю на ростові характеристики *Astragalus dasyanthus* (Pall.) в культурі *in vitro* / Л.М. Теплицька, І.М. Юркова, Ю.Н. Кутявіна, Г.В. Решетник // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 193-201.**

Показано вплив різних концентрацій марганцю в живильному середовищі на ростовий індекс і цитоморфологічні особливості калусної культури *Astragalus dasyanthus* Pall. *in vitro*.

**Ключові слова:** *Astragalus dasyanthus* калусна культура *in vitro*, марганець.

**Teplytskaya L.M. Influence manganese on growth characteristics *Astragalus dasyanthus* (Pall.) cultivated *in vitro* / L.M. Teplytskaya, I.N. Yurkova, J.N. Kutyavyna, G.V. Reshetnyk // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 193-201.**

It was shown the effects of different concentrations of manganese in the culture medium for the growth index and cytomorphological features of callus *Astragalus dasyanthus* Pall. *in vitro*.

**Keywords:** *Astragalus dasyanthus*, callus *in vitro*, manganese.

Поступила в редакцію 12.11.2012 г.

УДК 612.014.42:595.123

## ДИНАМИКА И ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА РЕГЕНЕРАТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA* ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ЭМП КРАЙНИХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНОВ

Туманянц К.Н.

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: timur328@gmail.com

Показано, что низкоинтенсивные электромагнитные поля крайних частотных диапазонов стимулируют регенерацию планарий и изменяют инфрадианную ритмику регенераторных процессов. При этом степень стимуляции неодинакова. Увеличение индекса регенерации и скорости движения более выражено в условиях электромагнитного экранирования. Тогда как инфрадианная ритмика регенераторных процессов больше изменяется при действии электромагнитного излучения крайне высокой частоты. При этом наблюдается перестройка структуры спектров и амплитудно-фазовых соотношений. Выявленные различия в действии изучаемых факторов, возможно, связаны с изменением свойств воды.

**Ключевые слова:** регенерация, скорость движения, инфрадианная ритмика, электромагнитное экранирование, электромагнитное излучение крайне высокой частоты, планарии.

### ВВЕДЕНИЕ

В последние годы для решения актуальных проблем физиологии и биофизики все чаще применяются беспозвоночные животные, что отвечает современным этическим требованиям. На плоских червях (планариях) изучена не только феноменология электромагнитных воздействий, но и некоторые механизмы их действия [1–3]. Использование этих животных в биофизике перспективно и для изучения роли воды в электромагнитных воздействиях. Ранее нами [4] было показано, что инфрадианная ритмика (ИР) параметров регенерации планарий при действии ЭМИ СЧ и КВЧ, обладающими различной проникающей способностью в воде, изменяется неодинаково, что подтверждает роль воды в электромагнитных воздействиях. Для развития этих представлений целесообразно сравнить эффекты и других факторов с различной проникающей способностью.

В связи с изложенным, целью исследования явилось сравнительное изучение влияния электромагнитного экранирования (ЭМЭ) и ЭМИ КВЧ на динамику и ИР регенераторных процессов планарий *Dugesia tigrina*.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использована лабораторная бесполовая раса планарий *Dugesia tigrina*, условия их содержания и кормления описаны ранее [5].

Для экспериментов использовали животных длиной  $\approx 9 \pm 1$  мм, у которых движение осуществляется за счет ресничек, а не мускулатуры [6].

Планарий отбирали для опыта через три-четыре дня после кормления. Было проведено две серии экспериментов. В первой серии изучалось действие ЭМИ КВЧ, во второй – ЭМЭ. В каждой серии было выделено 2 группы животных по 25 особей в каждой, для которых поддерживался одинаковый режим освещенности и температуры. Первую группу составили контрольные животные, которые содержались в обычных условиях лаборатории и не подвергались никаким воздействиям. Животные II группы I серии подвергались воздействию ЭМИ длиной волны 7,1 мм по 30 минут ежедневно. Планарии экспериментальной группы второй серии наблюдения содержались в условиях слабого ЭМЭ в течение 23 часов в сутки. Продолжительность эксперимента определялась сроком регенерации головного конца тела планарий и составила 15-16 суток.

Методика изучения регенераторных процессов описана ранее [7].

Определялись следующие параметры регенерации: индекс регенерации (ИНР) [8] и скорость движения (СД) [9], а также их инфрадианная ритмика (ИР).

Для фиксации изображений каждого животного, которые проводились ежедневно в одно и то же время суток, применяли компьютерные технологии анализа изображения, согласно Н.А. Темурьянц.

Для воздействия на животных ЭМИ КВЧ использовали терапевтический генератор «Явь-1-7,1» с рабочей длиной волны – 7,1 мм, частотой излучения – 42,2 ГГц, выходной мощностью – 25 мВт, плотностью потока мощности – 10 мВт/см<sup>2</sup>, с непрерывным режимом излучения. Излучатель выполнен в виде рупора с изолирующей насадкой, задающей определенное расстояние от рупора до облучаемой поверхности, габаритные размеры излучателя – 10x20 мм, электропитание аппарата осуществляется от сети переменного тока с напряжением 220 В и частотой 50 Гц (генераторы «Явь-1» рекомендованы к промышленному выпуску и применению Комитетом по новой технике Министерства здравоохранения СССР (Приказ № 901 от 29.06.87г. по МЗ СССР). Планарии во время воздействия находились в тefлоновой кювете, ко дну которой подводился рупор генератора.

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, изготовленной из железа «Динамо». Коэффициент экранирования постоянной компоненты магнитного поля (МП), составлял по вертикальной составляющей 4,4, по горизонтальной – 20. Коэффициент экранирования внутри камеры для частот от  $10^{-4}$  до 30 Гц находится в пределах трех-четырех, на промышленной частоте 50 Гц и кратных гармониках 150 и 250 Гц – около трех. На более высоких частотах имела место лишь тенденция к ослаблению [10].

Проверка полученных данных на закон нормального распределения позволила применить параметрический метод в статистической обработке и анализе материала исследования. Вычисляли среднее значение исследуемых величин и ошибку средней. Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. За достоверную принимали разность средних при  $p < 0,05$ . Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Statistica и Microsoft Excel [11, 12].

Эффективность экспериментального воздействия определяли путем вычисления коэффициента эффективности (КЭ). Каждое из измеряемых значений ИнР и СД как в опыте (Rэ), так и в контроле (Rк) является результатом усреднения измерений на 25 животных. Изменение ИнР и СД в эксперименте рассчитывали по коэффициенту эффективности:

$$KЭ = \frac{(Rэ - Rк) \pm (\deltaэ + \deltaк)}{Rк \pm \deltaк} \cdot 100\% ,$$

где Rк и Rэ – индекс регенерации или скорость движения в контрольной и экспериментальной группах,  $\deltaэ, к$  – стандартные ошибки измерений в опыте и контроле.

В качестве основного метода анализа продолжительности периодов и амплитудно-фазных характеристик регенераторных процессов использовали быстрое преобразование Фурье, обеспечивающее разложение временного ряда на конечное число элементарных периодических компонент, и программу косинор-анализа (решение систем линейных уравнений методом Крамера), дающие полное представление о структуре физиологических ритмов [13].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты проведенных исследований, влияние слабых электромагнитных факторов приводит к стимуляции регенераторных процессов планарий и изменению их ИР. КЭ, рассчитанный как по ИнР, так и по СД максимально возрастают при обоих воздействиях на 2-3 сутки эксперимента. В дальнейшие сроки наблюдения стимулирующий эффект ЭМ факторов снижается и на 15–17 сутки приближается к нулю. В обоих случаях отмечена положительная корреляционная связь между СД и ИнР.

Однако, степень стимуляции регенераторных процессов у планарий при действии различных электромагнитных факторов неодинакова. Более выражено увеличение и ИнР, и СД у планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ, нежели при действии ЭМИ КВЧ. Если у животных, подвергнутых действию ЭМЭ, КЭ, рассчитанные по ИнР и СД возрастают на 3 сутки на 33% и 38%, то при действии ЭМИ КВЧ коэффициенты возрастают только на 21% и 10% соответственно (рис. 1, 2).

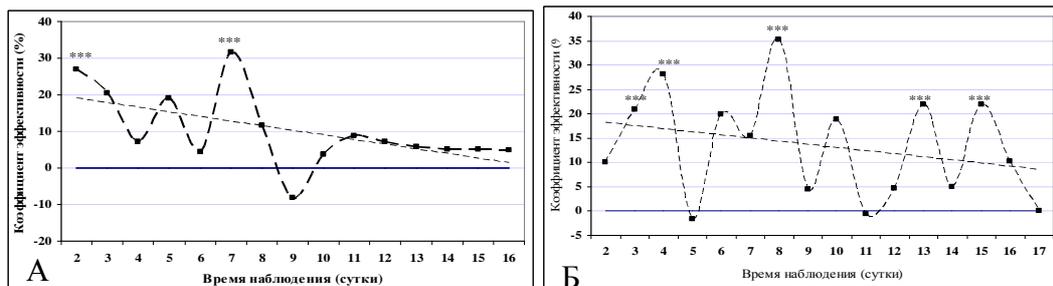


Рис. 1. Динамика  $(\bar{x} \pm S\bar{x})$  коэффициентов эффективности (%) ЭМИ КВЧ, рассчитанных по индексу регенерации (А) и скорости движения (Б) планарий.

Примечание: \* – достоверность различий относительно контрольных значений \*\*\* – ( $p < 0,05$ ).

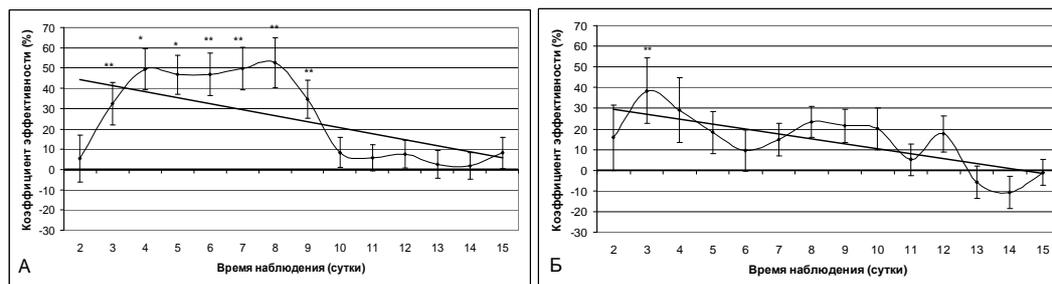


Рис. 2. Динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) коэффициентов эффективности (%) ЭМЭ, рассчитанного по индексу регенерации (А) и скорости движения (Б) планарий.

Примечание. \* – достоверность различий относительно контрольных значений: \* – ( $p < 0,001$ ); \*\* – ( $p < 0,01$ ).

Однако стимулирующий эффект ЭМИ КВЧ прогрессивно уменьшается с увеличением числа воздействий, а в условиях ЭМЭ сохраняется с четвертых по восьмые сутки, а затем резко снижается с 10 дня до 2-5%. Таким образом, слабое ЭМЭ более выражено стимулирует регенераторные процессы планарий, чем ЭМИ КВЧ.

Анализируя результаты проведенных исследований, следует отметить и изменения ИР под влияние слабых электромагнитных факторов, которые заключаются в перестройке структуры спектров и амплитудно-фазовых взаимоотношений.

При воздействии ЭМИ КВЧ имеет место более выраженные изменения ИР: перестает выявляться период  $4,6^d$  в спектрах обоих показателей, а амплитуда других выделенных ритмов резко снижается, особенно в спектре СД, когда они близки к 0 (рис. 3).

В условиях ЭМЭ наблюдается обеднение спектров ИнР, когда перестают выявляться периоды  $\approx 3,1^d$  и  $\approx 4,4^d$ , однако появляется новый период  $\approx 3,8^d$ . При этом амплитуды большинства выделенных ритмов достоверно не отличаются от таковых контрольной группы (рис. 4, А). Тогда как спектр ИР СД планарий становится более насыщенным, когда отмечается новый период  $\approx 4,0^d$ , при этом амплитуда периода  $\approx 3,3^d$  снижается относительно уровня контрольной группы ( $p < 0,05$ ).

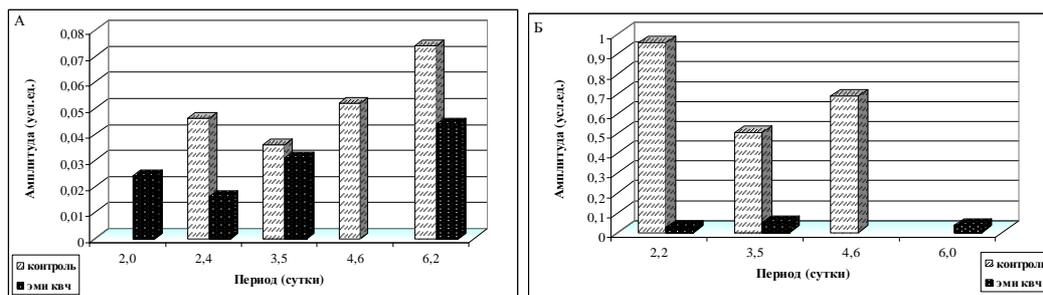


Рис. 3. Спектры периодов инфрадианных ритмов индекса регенерации (А) и скорости движения (Б) интактных планарий и животных, подвергнутых действию ЭМИ КВЧ.

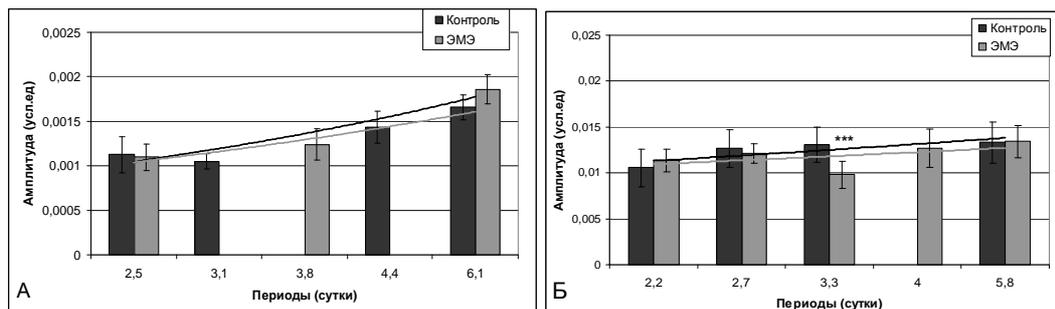


Рис. 4. Спектры периодов инфрадианных ритмов индекса регенерации (А) и скорости движения (Б) планарий в условиях ЭМЭ.

Примечание. \* – достоверность различий относительно контрольных значений: \*\*\* – ( $p < 0,05$ ).

Таким образом результаты проведенного исследования свидетельствуют об изменении динамики и инфрадианной ритмики ИнР и СД планарий в условиях ЭМЭ и при действии ЭМИ КВЧ. Однако под влиянием последнего изменения ИР регенераторных процессов у планарий более выражены.

Так, в ранее опубликованных исследованиях показана способность низкоинтенсивных ЭМИ КВЧ изменять состояние биологических систем различной степени сложности. ЭМИ частотой 62 МГц стимулировало регенерацию большеберцовой кости у крыс после экспериментальной травмы [14], а также у мышей [15]. Кроме того, обнаружена стимуляция регенераторных процессов в седалищном нерве крысы после его перерезки [16]. Обнаружено изменение скорости деления клеток. Направленность изменений этого процесса зависела от параметров излучения [17]. Также известно, что слабые электромагнитные факторы изменяют и временную организацию физиологических систем. Так, О.Б. Московчук (2003) проанализированы перестройки параметров ИР показателей поведения крыс в «открытом поле» под влиянием ЭМИ КВЧ [18]. А двухнедельное пребывание инбредных мышей в гипомагнитной камере, ослабляющей постоянное МП Земли в  $10^4$  раз, существенно десинхронизировало циркадианные ритмы функционирования лимфоидной системы [19]. Нами выявлено, что ИР регенераторных процессов планарий изменяется больше под влиянием ЭМИ КВЧ, возможно, такие особенности действия ЭМИ КВЧ на планарий связаны с неодинаковыми изменениями свойств воды под влиянием этих факторов. Дальнейшие исследования позволят расширить эти представления.

## ВЫВОДЫ

1. Слабые электромагнитные факторы стимулируют регенераторные процессы планарий и изменяют ИР параметров их регенерации.
2. Степень стимуляции регенерации планарий под влиянием ЭМЭ и ЭМИ КВЧ неодинакова. Более выражено увеличение ИнР, СД у планарий подвергнутых действию ЭМЭ, чем ЭМИ КВЧ.

3. Изменения многодневной ритмики регенераторных процессов под влиянием ЭМ факторов заключается в перестройке структуры спектров, амплитудно-фазовых взаимоотношений.
4. ЭМИ КВЧ вызывает более выраженные изменения ИР регенераторных процессов планарий, чем ЭМЭ.

#### Список литературы

1. Магнитный параметрический резонанс в биосистемах: экспериментальная проверка предсказаний теории с использованием регенерирующих планарий *Dugesia tigrina* в качестве тест-системы / В.В. Леднев, Л.К. Сребницкая, Е.Н. Ильясова [и др.] // Биофизика – 1996. – Т. 41, Вып. 4 – С. 815–825.
2. Новиков В.В. Биологические эффекты слабых и сверхслабых магнитных полей : авторефер. дис. на соискание учен. степени докт. биол. наук / В.В. Новиков – Москва, 2005. – 43 с.
3. Темуриянц Н.А. Динамика скорости движения планарий *Dugesia tigrina*, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования в различные сезоны года / Н.А. Темуриянц, Н.А. Демцун, М.М. Баранова // Физика живого. – 2009. – Т. 17, № 1. – С. 112–118.
4. Туманянц К.Н. Влияние слабых ЭМП крайних частотных диапазонов на динамику и инфрадианную ритмику регенераторных процессов у планарий *Dugesia tigrina* / К.Н. Туманянц, Н.С. Ярмлюк // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия» – 2012. – Т. 25(64), №3. – С. 215–221.
5. Демцун Н.А. Динамика скорости движения планарий, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования / Н.А. Демцун, Н.А. Темуриянц, М.М. Баранова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 2. – С. 24–32.
6. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / Шмидт-Ниельсен К. – М: «Мир», 1982. – Т.2. – С. 555–643.
7. Демцун Н.А. Влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на регенерирующих планарий *Dugesia tigrina* / Н.А. Демцун, К.Н. Туманянц, Н.А. Темуриянц // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология. Химия». – 2009. – Т.22 (61), №2. – С. 33–40.
8. Морфогенез планарий *Dugesia tigrina* / И.М. Шейман, Н.Д. Крещенко, З.В. Седельников [и др.] // Онтогенез, 2004. – Т. 35, №4 – С. 285–290
9. Патент 48095 України МПК51 А 01 К 61/00. Спосіб визначення швидкості руху інтактних і регенеруючих планарій / Темуриянц Н.А., Баранова М.М., Демцун Н.О.; заявник та власник Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського. – № U200908540; заявл.: 13.08.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5.
10. Метод получения крайне слабых постоянного магнитного и электрического полей и хорошо воспроизводимого комбинированного магнитного поля для биологических исследований / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, В.С. Мартынюк [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология. Химия». – 2010. – Т. 23, №2. – С. 54–65.
11. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – К.: Модмон, 2000. – 319 с.
12. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
13. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И.П. – Новосибирск: Наука, 1976. – 127 с.
14. Оценка репаративной регенерации кости по данным макроэлементного анализа в условиях облучения электромагнитными волнами крайне высокой частоты / В.Г. Ковешников, В.И. Лунин, Н.Ф. Недоступ [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2000. – № 2. – С. 116–117.
15. Светлова С.Ю. Отдаленные результаты воздействия низкоинтенсивного излучения КВЧ-диапазона на биообъект: эксперименты на животных / С.Ю. Светлова, Т.И. Субботина, А.А. Яшин // Вестник новых медицинских технологий. – 2001.– Т.8, № 1. – С. 43–45.

16. Влияние низкоинтенсивного КВЧ-излучения на формирование лейкоцитоза у крыс / С.В. Дзасохов, Л.Г. Казакова, Т.И. Субботина [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 1999. – Т. 6, № 2. – С. 15–18.
17. Кузнецов А.П. Фактор дискретности при КВЧ-воздействии на живые клетки / А.П. Кузнецов, М.Б. Голант, Т.П. Божанова // Сб. докл. 10-го Российского симпозиума с междунар. участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: МТА КВЧ. – 1995. – С. 102–105.
18. Московчук О.Б. Вплив низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвичайно високої частоти на інфрадіанну ритміку фізіологічних процесів : автореф. дис. на здобуття наук. Ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин» / О.Б. Московчук – Сімферополь, 2003. – 20 с.
19. Бородин Ю.И. Реакция циркадианных ритмов лимфоидной системы на глубокое экранирование от геомагнитного поля Земли / Ю.И. Бородин, А.Ю. Летагин // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 1990. – №2. – С. 191–193.

**Туманянц К.М. Динаміка і інфрадіанна ритміка регенераторних процесів планарії *Dugesia tigrina* при дії низькоінтенсивного ЕМВ вкрай частотного діапазону / К.М. Туманянц // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 202-208.**

Показано, що низькоінтенсивні електромагнітні поля крайніх частотних діапазонів стимулюють регенерацію планарій і змінюють інфрадіанну ритміку регенераторних процесів. При цьому ступінь стимуляції неоднакова. Збільшення індексу регенерації і швидкості руху більш виражено в умовах електромагнітного екранування. Тоді як інфрадіанна ритміка регенераторних процесів більше змінюється при дії електромагнітного випромінювання надвисокої частоти. При цьому спостерігається перебудова структури спектрів і амплітудно-фазових взаємин. Виявлені відмінності в дії досліджуваних чинників, можливо, пов'язані зі зміною властивостей води.

**Ключові слова:** регенерація, швидкість руху, інфрадіанна ритміка, електромагнітне екранування, електромагнітне випромінювання вкрай високої частоти, планарії.

**Tumanyants K.N. Dynamics and infradian rhythmic regenerator processes for planarians *Dugesia tigrina* to low-EMF frequency extremes ranges / K.N. Tumanyants // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 202-208.**

It is shown that low-intensity electromagnetic fields extreme frequency ranges stimulate the regeneration of planarians and change the rhythm infradian regenerative processes. The degree of stimulation varies. Increase in the index and the speed of recovery is more pronounced in the electromagnetic shielding. While infradian rhythm regenerative processes more changes under the action of electromagnetic radiation of extremely high frequency. In this case, there is the restructuring of the spectra and the amplitude and phase relationships. The differences in the action of the studied factors that may be associated with changes in the properties of water.

**Keywords:** regeneration, speed, rhythm infradian, electromagnetic shielding, electromagnetic radiation of extremely high frequency planar.

Поступила в редакцію 22.11.2012 г.

**УДК 577.15:591.466(043.5)**

## **ВИВЧЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІАМІНУ ТА ЙОГО МЕТАБОЛІТІВ З ЧАСТКОВО ОЧИЩЕНИМ КАТЕПСИНОМ L**

*Устянська О.В., Вовчук І.Л., Радіонов Д.Б., Чернадчук С.С., Петров С.А.*

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Одеса, Україна  
E-mail: ustjansky\_olga@ukr.net*

В статті вивчається вплив тіаміну та основних його метаболітів на активність частково очищеного катепсину L. Встановлено, що зв'язування тіаміну та його метаболітів з молекулою частково очищеного катепсину L відбувається за рахунок піримідинової частини молекули, а активація фермента реалізується завдяки циклічній тiazоловій частині тіаміну.

**Ключові слова:** частково очищений катепсин L, тіамін, 2-метил-4-амінопіримідин, 4-метил-5β-оксиретилтіазол, тіамінтіол, тіохром.

### **ВСТУП**

Цистеїнові протеїнази відіграють важливу роль в клітинному метаболізмі білків і в різних фізіологічних процесах [1]. Ці ферменти не лише беруть участь у неспецифічному розпаді білкових молекул, але мають і регуляторне значення [2].

В теперешній час доведено, що багатопланові фізіологічні і біохімічні ефекти тіаміну не можуть бути пов'язані тільки з його коферментними функціями [3, 4]. Як показують дослідження останніх трьох десятиліть, продукти окиснення і розпаду тіаміну в організмі здатні впливати на активність багатьох протеолітичних ферментів [4, 5]. Відома ініціаторна роль катепсинів в загальній системі протеолізу клітини і активність катепсинів значною мірою лімітує загальний процес протеолізу клітини [1, 2, 6]. Крім того, катепсини є тіоловими протеїназами, нуклеофілом активного центру якого є сульфгідрильна група залишку цистеїну [7]. Тіамін та його метаболіти, містять у своєму складі тiazолове кільце, яке в певних умовах в клітинах здатне розкриватися з утворенням тіамінтіолу та його похідних [8].

Серед катепсинів нами був вибраний катепсин L – найбільш регульований і активний в стресових ситуаціях. Однак в сучасній літературі відсутні дослідження стосовно впливу тіаміну та його метаболітів на активність цистеїнових протеїназ, в частності – катепсину L.

Метою нашої роботи було вивчити вплив тіаміну та основних його метаболітів на активність очищеного катепсину L, а також з'ясувати, яким шляхом відбувається зв'язування тіаміну та його похідних з молекулою ферменту.

## **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

У досліджах було використано 50 щурів-самців лінії Вістар із масою тіла 180 – 200 г. Піддослідних тварин утримували в стандартних умовах віварію. Усі маніпуляції з тваринами проводили згідно з Європейською конвенцією про захист тварин, які використовуються для експериментальної наукової мети.

Катепсин L був виділений і очищений з нирок білих щурів за допомогою стандартної процедури виділення і очищення ферменту [2, 9, 10, 11], яка описана в попередніх роботах [12].

Екстракти піддавали електрофоретичному розподілу [13, 14] в кислих умовах (рН = 4,5) в системі вертикально-пластинчатого 7 % поліакриламідного гелю (розміри 140×120×1 мм) за допомогою апарату VE4 (Росія). Перед внесенням до слотів зразки змішували з 5 мкл 0,01 % розчину метилового зеленого, вживаного як лідируючий барвник, що містить 60 % сахарози. Відразу після нанесення проби на стартову поверхню гелю встановлювали електричний струм силою в 5 мА (на 10 хвилин), потім в 30 мА з розрахунку на один блок гелю. Електрофоретичний розподіл проводили в холодильнику протягом 3 – 4 годин. При цьому інактивації ферментів, що розділяються, не спостерігалось. Після досягнення лідируючим барвником фінішного рівня фореz припиняли, вивільняли блоки гелів, багаторазово відмивали їх від внутрішнього буфера і використовували для визначення білка та активності ферменту.

Ділянки зафарбованного гелю сканували і аналізували за допомогою авторської програми "АнаІС".

Білок визначали за методом Лоурі [15]. Активність катепсину L вимірювали за методом Чорної [16] в модифікації Вовчук [10]. Основа методу полягає у визначенні кількості продуктів гідролізу білкового субстрату – азоказеїну, які не осідають при додаванні 10 % трихлороцтової кислоти. Оптичну щільність визначали при довжині хвилі 366 нм, на спектрофотометрі СФ – 26. Питому активність катепсину L виражали в умовних одиницях адсорбції продукта гідролізу 1 % азоказеїну (ум. од.) на 1 мг білка за хвилину.

Вільний тіамін визначали за методом Єлісєєвої [17].

Для розрахунку отриманих результатів застосовували методи статистичного аналізу [18] з використанням параметричних критеріїв оцінки розбіжності між вибірками за допомогою програми Microsoft Office Excel 2003.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

У результаті обстеження трека гелю на вміст білка були виявлені дві смуги з Rf 0,48 і 0,57 (рис. 1).

Оптична щільність першого піку дорівнювала 1,141, другого – 1,310. Площа першого піку на денситограмі склала 49,9 %, площа другого піку – 51,1 %.

Обидві смуги вирізали і елюїрували у фосфатному буфері рН 6,0 протягом 2 годин. В кожному з елюатів визначали активність катепсину L і вміст білка. Активність елюату, отриманного з смуги з Rf 0,48 дорівнювала 0,40 мкМ ум. од. / мг білка за хв, а елюату, отриманного з смуги Rf 0,57 – 0,60 мкМ ум. од. / мг білка за хв.

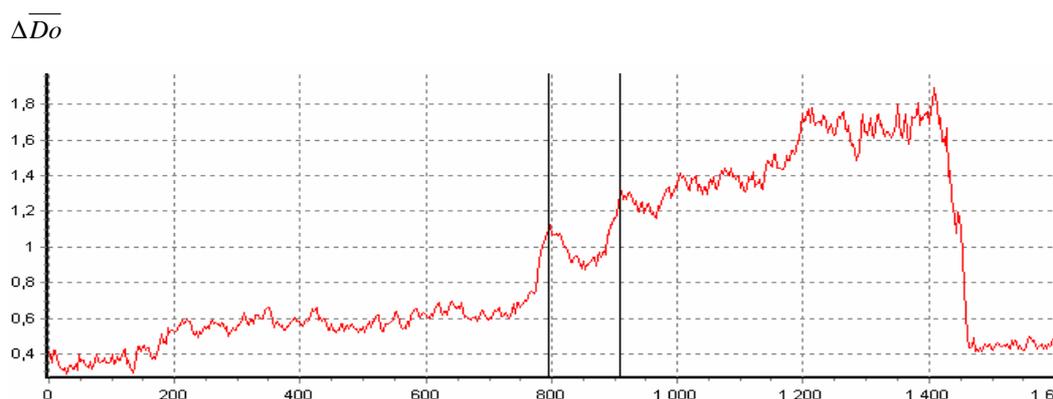


Рис. 1. Денситограма молекулярних форм катепсину L в поліакриламідному гелі. Примітка: ось  $x$  – довжина аналізованого треку, ось  $y$  – оптична щільність ( $\Delta\bar{D}_o$ ).

У зв'язку з тим, що катепсин L, отриманий із смуги з Rf 0,57 володів більшою активністю, в подальшому його використовували для визначення впливу тіаміну та його метаболітів.

Для з'ясування питання про те, які саме угруповання в молекулі тіаміну відповідальні за активуючий ефект тіаміну та його похідних ми вивчили вплив тіаміну, тіохрому, тіамінтіолу, 2-метил-4-амінопіримідину і 4-метил-5 $\beta$ -оксиетилтіазолу на активність очищеного катепсину L.

Для нас важливо було встановити, чи впливає тіамін та його метаболіти на активність катепсину L, та чи є це явище фізіологічним, що має місце в клітині в реальних умовах, та чи визначається вказаний вплив фармакологічними властивостями тіаміну та його метаболітів. У зв'язку з чим, ми відпрацювали наступну модель постановки експерименту.

У стандартне середовище інкубації, що використовується для визначення активності катепсину L, вносили мікромольну кількість тіаміну та його метаболітів. У контролі замість цих метаболітів вносили 0,1 мл дистильованої води. Потім за стандартною схемою визначали активність катепсину L.

Аналіз даних свідчить про те, що тіамін і тіохром в 4,0 рази підвищують активність досліджуваного ферменту (табл. 1). У порівнянні з контролем 2-метил-4-амінопіримідин практично не впливав на активність катепсину L. Тіамінтіол знижав активність ферменту в 50 разів, а 4-метил-5 $\beta$ -оксиетилтіазол підвищував в 6 разів.

Тобто, хімічна будова двуциклічного тіаміну та його метаболіту – трьохциклічного тіохрому має істотне значення в регуляції активності катепсину L.

Форма тіаміну з розірваним тіазоловим кільцем і вільною SH-групою (тіамінтіол), навпаки, негативно впливає на активність ферменту. Піримідинова половина молекули тіаміну (2-метил-4-амінопіримідин) не впливає на активність

частково очищеного катепсину L, а тiazолова половина 4-метил-5β-оксиетилtiazол різко підвищує активність ферменту.

**Таблиця 1.**  
**Вплив похідних тiаміну на активність частково очищеного катепсину L**  
**(ум. од. / мг білка за хв, n = 3)**

| Контроль        | Тіамін           | Тіохром          | Тіамінтіол       | 2-метил-4-амінопіримідин | 4-метил-5-β-оксиетилtiazол |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------|----------------------------|
| 0,200±<br>0,012 | 0,802±<br>0,037* | 0,804±<br>0,065* | 0,004±<br>0,001* | 0,150±<br>0,020          | 1,205±<br>0,260*           |

*Примітка:* \* - різниця з контролем вірогідна (p < 0,05)

Отримані результати дозволяють припустити, що за активуючий ефект впливу тiаміну відповідає його тiazолове угруповання, коли воно існує у вигляді циклу. Відкриття цього угруповання з утворенням тiольної форми призводить до різкого зниження активності частково очищеного катепсину L. Такий вплив, ймовірно, здійснюється за рахунок блокування SH-груп ферменту в результаті приєднання до них тiамінтіолу.

В наступній серії досліджень ми досліджували роль циклічних угруповань в молекулі тiаміну та його метаболітів в зв'язуванні з катепсином L.

Для цього ми досліджували зв'язування з катепсином L метаболіта з одним тiazоловим циклом (4-метил-5β-оксиетилtiazол), двома циклами – піримідиновим і тiazоловим (тiамін) і трьома циклами (тiохром).

Для цих досліджень була розроблена наступна модель постановки експерименту.

У перший ряд пробірок, що містили виділений препарат катепсину L, додавали 1 мкмоль 4-метил,5-β-оксиетилtiazолу.

У другий ряд пробірок, що містив виділений катепсин L додавали стільки ж мкмолей тiаміну.

У третій ряд пробірок додавали стільки ж мкмолей тiохрому.

Ставили пробірки в термостат на 30 хвилин при 25 °С. Потім в усі пробірки додавали по 0,3 мл 10 % ТХУ і відділяли фермент центрифугуванням. Фермент двічі промивали і, первинну надосадову рідину та відповідну надосадову рідину після промивання, з'єднували.

У з'єднаних НОР з першого ряду пробірок спектрофотометрично визначали кількість 4-метил,5-β-оксиетилtiazолу.

У з'єднаному супернатанті з другого ряду пробірок визначали тiамін, що залишився.

У з'єднаних надосадових рідинах з третього ряду пробірок визначали флюориметрично тiохром, що залишився.

За різницею між доданим тiаміном або його метаболітами і тими з'єднаними, що залишилися в супернатанті робили висновок про кількість зв'язаних препаратів.

Як видно з аналізу даних, приведених в таблиці 2, тіазолова частина тіаміну дуже слабо зв'язується з ферментом. Активніше зв'язується з частково очищеним катепсином L тіамін. І найбільшою мірою виявлено зв'язування для тіохрому.

Таблиця 2.

Зв'язування метаболітів тіаміну катепсином L (нМоль / мг білка, n = 3)

| Тіамін | Тіохром   | 4-метил-5-β-оксиетилтіазол |
|--------|-----------|----------------------------|
| 78 ± 6 | 1144 ± 98 | 4 ± 1                      |

Ці дані дозволяють припустити, що при взаємодії тіаміну з частково очищеним катепсином L за зв'язування з ферментом відповідає піримідинова частина тіаміну, а за активацію – тіазолова частина.

### ВИСНОВОК

Таким чином, ми встановили, що зв'язування тіаміну та його метаболітів з молекулою частково очищеного катепсину L відбувається за рахунок піримідинової частини молекули, а активація ферменту реалізується завдяки тіазоловій частині тіаміну, коли вона присутня у вигляді циклу.

### Список літератури

1. Вовчук И. Л. Прогностическое значение определения катепсина В и его эндогенных ингибиторов при опухолевой патологии / И. Л. Вовчук // Онкология. – 2010. – Т. 12, № 2. – С. 165–168.
2. Жлоба А. А. Очистка, идентификация и свойства цистеиновых катепсинах тканей животных / А. А. Жлоба // Укр. биохим. журн. – 1986. – Т. 58, № 4. – С. 101–113.
3. Петров С. А. Некоферментні функції тіаміну в травній системі / С. А. Петров // матеріали XVIII з'їзду Українського фізіологічного товариства з міжнародною участю, (Одеса, 2010 р.). – 193 с.
4. Донченко Г. В. Основні історичні етапи розвитку біохімії вітамінів. Некоферментні механізми дії вітаміну В 1 / Г. В. Донченко, Ю. М. Пархоменко // Укр. біохім. журн. – 2000. – Т. 72, № 4-5. – С. 128–137.
5. Петров С.А. Регуляция тиамином и его метаболитами процессов образования и обмена аминокислот в организме: автореф. дисс. на соискание учен. степени докт. биол. наук : спец. 03.00.04. «Биохимия» / Петров Сергей Анатольевич ; Институт радиобиологии Академии наук Беларуси. – Минск, 1992. – 32, [1] с., включая обл. : с. 12.
6. Turk V., Turk D., Turk V. Lysosomal cysteine proteases: more than scavengers // Cancer Lett. – 1996. – Vol. 104. – P. 121–126.
7. Руденская Г. Н. Цистеиновые протеиназы микроорганизмов и вирусов / Г. Н. Руденская, Д. В. Пупов // Биохимия. – 2008. – Т. 73 (1) – С. 3 – 17.
8. Тоцкий В. Н., Халмурадов А. Г. Биохимические аспекты транспорта тиамин / В. Н. Тоцкий, А. Г. Халмурадов // Укр. биохим. журнал. – 1980. – Т. 52, № 1. – С. 110 –122.
9. Практическое руководство по энзимологии / Под ред. Г. А. Кочетова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1980. – 272 с.
10. Вовчук І. Л. Активність тканинних катепсин-L-подібних протеїназ у жінок онкопаталогії тіла матки / І. Л. Вовчук, С. С. Чернадчук // Укр. біохім. журн. – 2004. – № 2. – С. 56–60.
11. Пат. № 39128 Україна, МПК (2009), С12N 9/50, С12N 9/52, С12N 9/64. Спосіб отримання карбоксипептидази А / Вовчук І. Л.; заявник та патентодержатель Вовчук І. Л. - № u 2008 09387; заявл. 17.07.2008; опубл. 10.02.2009, Бюл. № 3.

12. Устянська О.В. Регуляція тіаміном і його похідними активності катепсину L / О.В. Устянська, І.І. Бокал, С.А. Петров (та ін.) // Ученые записки Таврического национального университета. Серия «Биология, химия». Симферополь, 2011. – Т. (23), № 5. – С. 28–35.
13. Остерман Л. А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование (практическое пособие) / Л. А. Остерман // – М. : Наука, 1981. – 288 с.
14. Андриевский А. М. Влияние ионов металлов in vitro на экспрессию активности гидролаз эфиров карбоновых кислот в онтогенезе особей *Drosophila Melanogaster* / А. М. Андриевский // Вісник Одеського національного університету. – 2008. – Т. 13, вип. 4. – С. 7–20.
15. Lowry O. H. Protein measurement with the Folin phenol reagent / O. H. Lowry, N. I. Rosenbrough, A. Z. Fan et al. // J. Biol. Chem. – 1951. – V. 193. – P. 265–275.
16. Черная В. И. Катепсина L из опухоли мозга человека. Очистка и содержание / В. И. Черная // Укр. біохім. журн. – 1998. – Т. 70, № 5. – С. 97–103.
17. Елисеєва Г. Д. Флуориметрическое определение тиамин, кокарбоксілазы и рибофлавіна в биологических объектах // Витамины. – 1953.– Т. 1. – С. 38–57.
18. Рокицкий П. Ф. Біохімічна статистика / Рокицький П. Ф. ; Мінськ : Вища школа, 1973. – 320 с.

**Устянская О.В. Изучение взаимодействия тиамин и его метаболитов с частично очищенным катепсином L / О.В. Устянская, И.Л. Вовчук, Д.Б. Радіонов, С.С. Чернадчук, С.А. Петров // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С.209-214.**

В статье изучается взаимодействие тиамин и основных его метаболитов с частично очищенным катепсином L. Установлено, что связывание тиамин и его метаболитов с молекулой частично очищенного катепсина L происходят за счет пиримидиновой части молекулы, а активация фермента реализуется благодаря тиазоловой части тиамин, когда она присутствует в виде цикла.

**Ключевые слова:** частично очищенный катепсин L, тиамин, 2-метил-4-аминопиримидин, 4-метил-5β-оксиэтилтиазол, тиаминтиол, тиохром.

**Ustjansky O.V. Study of interaction of thiamin and its metabolites with the cleared cathepsin L / O.V. Ustjansky, I.L. Vovchuk, D.B. Radionov, S.S. Chernadchuk, S.A. Petrov // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 209-214.**

In the article the influence of thiamin and basic its metabolites on the activity of the cleared preparation of cathepsin L are studied. It is determined that fastening of thiamin and its metabolites with the molecule of cleared cathepsin L take place due to pirimidin's part of molecule, and activating of enzyme will be realized due to tiazol's part of thiamin, when it is present as a cycle.

**Keywords:** cleared cathepsin L, thiamin, 2-methyl-4-aminopirimidin, 4-methyl-5β-oxethyltiazol, thiaminthiol, thiochrom.

*Поступила в редакцию 13.11.2012 г.*

**УДК 581.1:33.1**

## **ВПЛИВ ОСІНЬОГО ВНЕСЕННЯ БЕЗВОДНОГО АМІАКУ НА ЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ І РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ**

*Ходаницький В.К., Михальська Л.М.*

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, Київ, Україна  
E-mail: xvk1@yandex.ru*

Виявлено позитивний вплив амонійного азоту на вміст елементів живлення в ґрунті та в рослинах озимої пшениці. За осіннього внесення безводного аміаку підвищувалася врожайність та якість зерна пшениці.

**Ключові слова:** озима пшениця, безводний аміак, елементи живлення, врожайність, якість зерна.

### **ВСТУП**

Різке підвищення потреб людства в продовольстві призводить до необхідності значного збільшення використання добрив та засобів захисту рослин у рослинництві [1]. Вивчення динаміки накопичення та виносу елементів живлення рослинами дає можливість коригувати системи живлення рослин, підвищувати врожайність і якість, а також зберігати родючість ґрунтів [2].

Відомо, що винос елементів живлення з ґрунту залежить від рівня врожайності, біологічних особливостей сорту, вмісту рухомих елементів живлення в ґрунті, а також від кліматичних умов [2].

Багатьма дослідниками встановлено, що винос елементів живлення рослинами пшениці здебільшого залежить від інтенсивності вирощування культури та біологічних особливостей сорту [3]. При вивченні взаємодії різних елементів живлення встановлено, що сумісне застосування азоту та фосфору сприяє кращому засвоєнню фосфатів.

Відомо також, що позитивний ефект в більшій мірі проявляється при застосуванні амонійного азоту. Проте, не було виявлено підвищення засвоєння фосфору при внесенні амонійних добрив у підживлення. В попередніх дослідженнях встановлено, що нітратний азот посилює винос з ґрунту катіонів, в роботах інших авторів було відмічено посилення засвоєння аніонів при живленні нітратною та амонійною формами азоту [4, 5].

На сьогоднішній день існують високоточні методи аналізу елементного складу ґрунту та рослинного матеріалу до яких відноситься емісійна атомно-абсорбційна спектроскопія, яка дозволяє визначати одночасно велику кількість елементів живлення [6–8]. Однак, існує невелика кількість даних щодо застосування безводного аміаку в посівах ярих культур й обмаль інформації стосовно його використання в посівах озимої пшениці [9].

Тому, метою наших досліджень було проаналізувати вплив осіннього внесення амонійного азоту на доступність елементів живлення в ґрунті та інтенсивність накопчення їх рослинами озимої пшениці у вегетативних органах та зерні.

#### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Досліди проводили на виробничих посівах озимої пшениці сорту Смуглянка протягом вегетаційного періоду 2009-2012 років на базі спеціалізованого з внесення безводного аміаку господарства ТОВ «Агросервіс» у Жашківському районі Черкаської області. В статті представлено дані сезону 2011-2012 рр.

Безводний аміак застосовували восени перед посівом у дозі 100 кг/га азоту по діючій речовині, який вносили на глибину 14 см культиватором-інжектором. У контрольному варіанті вносили аміачну селітру на поверхню ґрунту врозкид навесні, у перше та друге підживлення [10].

Визначення елементного складу в зразках рослинного матеріалу, зерна та ґрунту здійснювали методом ІСР-спектронетрії на емісійному спектрометрі ІСАР 6300 Duo MFC (США). Зразки рослин висушували до сухої маси при 105 °С і озолювали в азотній кислоті (осч) при температурі 240-250°С і тиску 60 бар протягом 90 хв. за допомогою мікрохвильової пробопідготовки Multiwave 3000 фірми Anton Paar (Австрія). Проби ґрунту екстрагували амонійно-ацетатним буфером, рН 4,8. Наважки 10,00 г ґрунту поміщали у колби, заливали 50 см<sup>3</sup> буферного розчину (співвідношення ґрунт-розчин 1:5). Струшували на ротаторі протягом години і відфільтровували (ДСТУ ISO 11464:2001).

Результати досліджень обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми STATISTICA та Excel [11].

#### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

При визначенні елементного складу ґрунту, рослинного матеріалу і зерна виявлено відмінності у вмісті макро- та мікроелементів у варіантах з внесенням азоту у формі аміачної селітри та безводного аміаку. В умовах виробничого дослідження підвищувалася кількість доступної форми елементів у ґрунті при осінньому внесенні безводного аміаку. Суттєво підвищувався вміст наступних елементів: Са, Сu, Fe, К, Mg, P, S, Zn (табл. 1).

Таблиця 1

Елементний склад ґрунту за осіннього внесення безводного аміаку, мг/кг

| Варіант                           | <b>B</b>  | <b>Ca</b> | <b>Co</b> | <b>Cu</b> | <b>Fe</b> | <b>K</b>  |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Селітра аміачна, N <sub>100</sub> | 1,2       | 9870      | 2,2       | 11        | 1270      | 197       |
| Аміак безводний, N <sub>100</sub> | 1,4       | 10440*    | 2,4       | 14*       | 1490*     | 224*      |
| Варіант                           | <b>Mg</b> | <b>Mn</b> | <b>Na</b> | <b>P</b>  | <b>S</b>  | <b>Zn</b> |
| Селітра аміачна, N <sub>100</sub> | 1230      | 532       | 52        | 81        | 54        | 32        |
| Аміак безводний, N <sub>100</sub> | 1310      | 480       | 55        | 88        | 66*       | 41*       |

Примітки: 1. Відбір зразків у фазу цвітіння.

2. \* – тут і далі різниця з контролем достовірна за 95% рівня значущості.

Таким чином, встановлено, що вміст В, Со, Na не істотно відрізнявся від контрольного варіанту. Відомо, що внесення амонійних добрив у високих дозах підкислює ґрунт, що в значній мірі впливає на доступність в ґрунтовому профілі елементів живлення. Так, при зниженні рН збільшується доступність Fe, Cu, Mn, Zn. Інші елементи живлення – P, S, K, Ca, Mg, Mo, B, при зниженні значення рН стають менш доступними в ґрунтовому профілі для рослин [12]. Проте, як видно з наведених даних, вміст ряду елементів навпаки зростав при внесенні амонійного азоту у вигляді безводного аміаку. На доступність елементів живлення, ймовірно, також впливали кореневі виділення рослин пшениці, які, як відомо, збільшуються при забезпеченні посівів азотом.

В попередніх роботах встановлено, що максимальне накопичення N, P, Ca, Mg і K спостерігається в період від кінця фази виходу в трубку до фази цвітіння та молочної стиглості [13, 14]. У виробничих дослідах виявлено підвищення накопичення в рослинному матеріалі озимої пшениці ряду макро- і мікроелементів у варіантах, де застосовували азот у формі безводного аміаку у високих дозах (табл. 2).

Таблиця 2

**Елементний склад рослин озимої пшениці сорту Смуглянка за осіннього внесення безводного аміаку, мг/кг**

| Варіант                           | <b>B</b>  | <b>Ca</b> | <b>Co</b> | <b>Cu</b> | <b>Fe</b> | <b>K</b>  |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Селітра аміачна, N <sub>100</sub> | 5,1       | 2164      | 0,4       | 3         | 195       | 17460     |
| Аміак безводний, N <sub>100</sub> | 8,4*      | 2380      | 0,4       | 4         | 237*      | 17128     |
| Варіант                           | <b>Mg</b> | <b>Mn</b> | <b>Na</b> | <b>P</b>  | <b>S</b>  | <b>Zn</b> |
| Селітра аміачна, N <sub>100</sub> | 1130      | 44        | 115       | 1260      | 514       | 12        |
| Аміак безводний, N <sub>100</sub> | 1350      | 52*       | 94*       | 1265      | 619*      | 16*       |

Примітка: відбір зразків у фазу цвітіння.

Так, при внесенні безводного аміаку в кількості 100 кг/га за азотом, в рослинах озимої пшениці сорту Смуглянка зростала інтенсивність накопичення B, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, S і Zn. Ряд елементів: Co, K, P, Na, незначно відрізнялися за вмістом, або їх вміст у дослідних варіантах був дещо нижчим, у порівнянні з контрольним варіантом, де вносили аміачну селітру. Нами встановлено, що осіннє внесення амонійного азоту призводило до змін у накопиченні ряду макро- та мікроелементів в зерні озимої пшениці сорту Смуглянка (табл. 3).

Таблиця 3

**Елементний склад зерна озимої пшениці сорту Смуглянка за осіннього внесення безводного аміаку, мг/кг**

| Варіант                           | <b>B</b>  | <b>Ca</b> | <b>Co</b> | <b>Cu</b> | <b>Fe</b> | <b>K</b>  |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Селітра аміачна, N <sub>100</sub> | 0         | 670       | 0,4       | 3         | 95        | 2165      |
| Аміак безводний, N <sub>100</sub> | 0         | 728*      | 0,3       | 4         | 112*      | 2463*     |
| Варіант                           | <b>Mg</b> | <b>Mn</b> | <b>Na</b> | <b>P</b>  | <b>S</b>  | <b>Zn</b> |
| Селітра аміачна, N <sub>100</sub> | 1452      | 48        | 98        | 1352      | 1035      | 17        |
| Аміак безводний, N <sub>100</sub> | 1736*     | 49        | 109*      | 1510*     | 1280*     | 24*       |

Примітка: відбір зразків у фазу цвітіння.

Виявлено, що зростав вміст Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Zn. Кількість Co знизилася порівняно з контрольним варіантом, а вміст Mn майже не відрізнявся від варіанту з внесенням аміачної селітри. Бору в зерні пшениці методом ІСР-спектроскопії не знайдено.

Збільшення накопичення ряду елементів живлення призводило до підвищення якісних показників зерна, про що свідчить зростання білковості та вмісту сирі клейковини в зерні озимої пшениці. Окрім змін в накопиченні елементів живлення, внесення безводного аміаку сприяло зростанню врожайності (табл. 4).

**Таблиця 4**

**Вплив осіннього внесення безводного аміаку на врожайність та якість зерна озимої пшениці сорту Смуглянка**

| Варіант                           | Врожайність, ц/га | Білок, % | Сира клейковина, % |
|-----------------------------------|-------------------|----------|--------------------|
| Селітра аміачна, N <sub>100</sub> | 74,6±1,2          | 13,9±0,1 | 29,1±0,1           |
| Аміак безводний, N <sub>100</sub> | 83,5±1,9*         | 14,2±0,1 | 30,2±0,2           |

У варіанті з внесенням 100 кг/га амонійного азоту врожайність становила 83,5 ц/га, проти контролю – 74,6 ц/га. Вища кількість амонійного азоту порівняно з контролем сприяла покращенню ростових процесів рослин озимої пшениці, відбувалася інтенсифікація поглинання азоту та інших елементів живлення, що в кінцевому підсумку сприяло зростанню врожайності і якості зерна.

При осінньому внесенні безводного аміаку, в орному шарі ґрунту вміст амонійного азоту був вищим порівняно з контролем, де вносили аміачну селітру. Як видно з рисунка Б, у варіантах з внесенням безводного аміаку вміст білка зростав до 14,2 % порівняно з контролем, де він становив 13,9 %. Разом з білковістю також підвищувався вміст сирі клейковини до 30,2 %, у варіанті з внесенням аміачної селітри вміст сирі клейковини становив 29,1 %.

#### **ВИСНОВОК**

Виявлено, що однократне осіннє внесення восени безводного аміаку у шар ґрунту під кореневу систему посіву озимої пшениці на глибину 14 см змінювало інтенсивність поглинання елементів рослинами пшениці з подальшим накопиченням у зерні Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Zn. Застосування 100 кг/га азоту у вигляді безводного аміаку сприяло збільшенню вмісту мінерального азоту в ґрунті, підвищувало врожай озимої пшениці в дослідному варіанті до 83,5 ц/га порівняно з контролем – 74,6 ц/га (внесення аміачної селітри поверхнево). За такої схеми живлення покращувались якісні показники зерна озимої пшениці – підвищувався вміст білка та сирі клейковини. Збільшення доступності елементів живлення в ґрунті та накопичення їх в рослинах і в зерні, а також зростання продуктивності озимої пшениці ймовірно пов'язана з кращою доступністю азоту для рослин озимої пшениці у фази кушіння-трубкування, тобто у фази формування вегетативних та закладання генеративних органів.

Список літератури

1. Моргун В.В. Фізіологічні основи формування високої продуктивності зернових злаків / В.В. Моргун, В.В. Швартау, Д.А. Кірізій // Фізіологія рослин : проблеми та перспективи розвитку. – Т. 1. – К. : Логос, 2009. – С. 11–42.
2. Галстян М. А. Влияние органических и минеральных удобрений на динамику накопления питательных веществ в яровом ячмене и их вынос с урожаем / М. А. Галстян, С. А. Григорян, М. С. Маркосян // Биологический журнал Армении. – 2012. – Т. 64, № 2. – С. 50–54.
3. Пигорев И. Я. Содержание элементов питания в растениях и вынос их с урожаем озимой пшеницы / И. Я. Пигорев, В. А. Семькин // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 2. – С. 38–40.
4. Römer W. The relationship between phosphate adsorption and root length in nine wheat cultivars / W. Römer, J. Augustin, G. Schilling // Plant and Soil. – 1988. – V. 111. – P. 199–201.
5. Römer W. Phosphorus requirements of the wheat plant in various stages of its life cycle / W. Römer, G. Schilling // Plant and Soil. – 1986. – V. 91. – P. 221–229.
6. Швартау В. В. Основи іоніміки рослин / В. В. Швартау, В. В. Моргун / Фізіологія рослин : проблеми та перспективи розвитку. – Т. 1. – К. : Логос, 2009. – С. 232–242.
7. Baxter I. R. The leaf ionome as a multivariable system to detect a plant's physiological status / I. R. Baxter // PNAS. – 2008. – V. 105. – P. 12081–12086.
8. Clemens S. A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation / S. Clemens, M. G. Palmgren, U. A. Kramer // Trends Plant Sci. – 2002. – V. 7. – P. 309–315.
9. Безводний аміак – ефективно та економічно виправдане азотне добриво / В. І. Чабан, А. Д. Гирка, В. Ю. Коваленко, Т. В. Гирка. – Донецьк : Ноулідж, 2010. – 111 с.
10. Моргун В. В. Клуб 100 центнерів. Сорти та оптимальні системи вирощування озимої пшениці / В. В. Моргун, С. В. Санін, В. В. Швартау. – К. : Логос, 2012. – 131 с.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
12. Reynolds M. P. Application of physiology in wheat breeding / M. P. Reynolds, J. I. Ortiz-Monasterio, A. McNab. – Mexico : Cimmyt, 2001. – 240 p.
13. Marschner H. Effect of mineral nutrition status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients / H. Marschner, E. A. Kirkby, I. Cakmak // J. Experimental Botany. – 1996. – V. 47. – P. 1255–1263.
14. Rengel Z. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil / Z. Rengel, R. D. Graham // Plant and Soil. – 1995. – V. 173. – P. 259–266.

**Ходаницкий В.К. Влияние осеннего внесения безводного аммиака на элементный состав почвы и растений озимой пшеницы / В.К. Ходаницкий, Л.Н. Михальская // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С.215-219.**

Обнаружено положительное влияние аммонийного азота на содержание элементов питания в почве и в растениях озимой пшеницы. При осеннем внесении безводного аммиака повышалась урожайность и качество зерна пшеницы.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, безводный аммиак, элементы питания, урожайность, качество зерна.

**Khodanitskiy V.K. The influence of anhydrous ammonia autumn application on element content of soil and winter wheat plants / V.K. Khodanitskiy, L.M. Mykhalska // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 215-219.**

It was found the positive effect of ammonium anhydrous on the content of total nitrogen in the winter wheat plants. The autumn introduction of the anhydrous ammonia increased the yield and quality of grain wheat.

**Keywords:** winter wheat, anhydrous ammonia, mineral elements, productivity, grain quality.

*Поступила в редакцию 16.11.2012 г.*

**УДК 616.36-018.7**

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НОЦИЦЕПТИВНОГО ФЛЕКСОРНОГО РЕФЛЕКСА ПОД ВЛИЯНИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

*Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р., Трибрат Н.С.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: elena-chuyan@rambler.ru*

Показана динамика изменения показателей ноцицептивного флексорного рефлекса под влиянием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ; 7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) при электронейромиографическом исследовании верхних конечностей человека. Показано, что под влиянием многократного воздействия ЭМИ КВЧ время латентных периодов R2 и R3 компонент ноцицептивного флексорного рефлекса, болевой порог, порог рефлекса и коэффициент (порог боли/порог рефлекса) достоверно увеличиваются относительно фоновых значений, что свидетельствует об ослаблении ноцицептивных влияний и усилении антиноцицепции.

**Ключевые слова:** низкоинтенсивное электромагнитное излучения крайне высокой частоты, ноцицептивный флексорный рефлекс, болевой порог.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В наших предыдущих экспериментальных исследованиях показано, что низкоинтенсивное электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ) с длиной волны 7,1 мм и плотностью потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup> у животных обладает выраженным антиноцицептивным эффектом при экспериментально вызванной тонической, висцеральной и острой боли [1]. В клинических исследованиях также показано, что КВЧ-воздействие ослабляет или даже полностью снимает боль у людей с различными патологиями [2–4]. Однако методы, используемые для оценки боли в общемедицинской практике основываются на субъективной оценке исследуемых, т.е. на ощущениях самого больного [5–9]. Поэтому использование данных методов позволяет косвенно судить о выраженности болевых ощущений.

В последние годы в изучении болевой чувствительности все большее внимание уделяется электронейрофизиологическим методам диагностики, которые, отражая состояние различных отделов нервной системы, позволяют не только уточнить некоторые тонкие механизмы функционирования ноцицептивной и антиноцицептивной систем, но и вооружают объективными критериями диагностики болевого синдрома [7, 10, 11]. Хорошим инструментом определения анальгетической эффективности лекарственных препаратов и физических факторов, а также оценки состояния различных систем, вовлеченных в контроль боли, является электронейромиографический метод ноцицептивного флексорного рефлекса (НФР).

Данный метод широко используется для изучения патофизиологии различных клинических синдромов, характеризующихся хронической болью или измененной болевой перцепцией [12], а также в экспериментальных исследованиях [13, 14]. До настоящего времени исследование НФР у человека под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) не проводилось, что и явилось целью данного исследования.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть проведена на 20-ти студентах-волонтерах в возрасте 20-21 лет. Половой состав испытуемых был следующим: лиц мужского пола — 5 (25%), лиц женского пола — 15 (75%). Установлено недостоверное различия порогов НФР у мужчин и женщин [15], что послужило поводом для усреднения полученных результатов. Все обследуемые на момент исследования не имели травм и отрицали наличие в прошлом заболеваний, которые могли повлиять на состояние центральной нервной системы. Отбор проводился на основании неврологического обследования врача-невропатолога Центра коррекции функционального состояния человека при Таврическом национальном университете имени В.И. Вернадского. Все волонтеры дали добровольное согласие на проведение исследований.

Воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ осуществляли с помощью 6-тиканального аппарата «РАМЕД ЭКСПЕРТ-04» (производство научно-исследовательской лаборатории «Рамед», г. Днепропетровск; регистрационное свидетельство МЗ №783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине) в течение 10-ти дней эксперимента ежедневно в одно и то же время (с 9.00 до 12.00). Технические характеристики генератора: длина волны – 7,1 мм, частота излучения – 42,4 ГГц, плотность потока мощности – 0,1 мВт/см<sup>2</sup>. Воздействие осуществлялось в течение 30-ти минут на области симметричных биологически активных точек E-36, MC-6 и GI-4. Выбор этих точек обусловлен их рефлексогенным, противоболевым, общеукрепляющим и стимулирующим действием на организм испытуемых [16].

Экспериментальное исследование длилось в течение 10-ти дней. Регистрацию показателей НФР проводили до воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (фон), а также после 1, 3, 5, 7, 10 сеансов воздействия данного физического фактора.

Все данные, представленные в работе, получены на оборудовании «Нейрон-Спектр-6» (фирма "НейроСофт", Россия, г. Иваново), с использованием компьютерного электронейромиографа "Нейро-МВП-4". (свидетельство о поверке № 064292 от 28.12.2011 г., разрешение на использование № 2303 от 12.03.2008 г.).

НФР регистрировали на верхних конечностях [17]. При этом испытуемый сидел в удобном кресле, под кисти рук был подложен валик, способствующий мышечной релаксации. Для уменьшения эмоционального напряжения исследуемого информировали об условиях эксперимента.

При исследовании НФР регистрирующие электроды накладывали на мышцу *m. extensor carpi radialis*. Чашечковый электрод (катод) диаметром 5 мм крепили на брюшке мышцы, референтный — дистальнее, на костном выступе. Стимулирующие электроды накладывали на уровень проксимальной и средней фаланги дорсальной

поверхности третьего пальца. В качестве раздражающего стимула использовали прямоугольные импульсы длительностью 0,2 мс, которые наносили с частотой 2 Гц. Запись проводили в режиме сенсорной пробы. Количество усреднений сенсорных ответов исследуемой мышцы составляло 200.

Исследование начинали с подачи стимулов малой интенсивности (0,5 мА), постепенно увеличивая их, наблюдали за появлением мышечных ответов. При появлении ответа фиксировали порог рефлекса – Пр), т.е. величину электрического тока, при которой он появился (в мА). Кроме того регистрировали порог боли (Пб), т.е. величину электрического стимула, при котором исследуемый впервые указывал на появление локализованной острой боли в области расположения стимулирующих электродов. Для точного определения соотношения между Пб и Пр вычисляли коэффициент –Пб/Пр.

Анализировали длительность латентных периодов раннего (R2) и позднего (R3) компонент НФР в мс (рис. 1). Известно, что R2 компонента реализуется интернейронными сетями на спинальном уровне, причем количество вовлеченных сегментов спинного мозга пропорционально силе раздражающих стимулов, тогда как R3 компонента замыкается через ретикулярную формацию ствола мозга, а именно ретикулярное гигантоклеточное ядро (высокопороговый, ноцицептивный) [18].

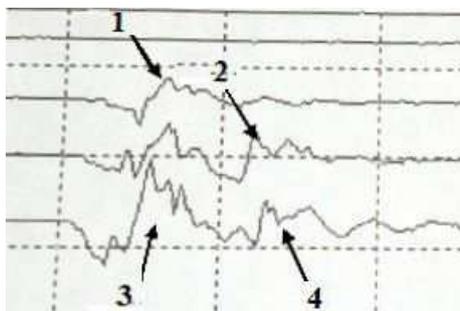


Рис. 1. Компоненты зарегистрированного ноцицептивного флексорного рефлекса: впервые появляется двигательный ответ (1), представляющий собой рефлекторное сокращение мышечных волокон; испытуемый начинает испытывать боль (2), R2 и R3 компоненты (3 и 4).

Статистическая обработка экспериментальных данных производилась с помощью компьютерных программ (Microsoft Excell, Ms Office XP, Statistica 6.0). При статистической обработке данных использовали описательную статистику и непараметрические методы статистического анализа (критерий Вилкоксона) в соответствии с материалами руководства по медико-биологической статистике [19].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Изменение продолжительности латентного периода НФР под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ.** Как показали результаты исследования, показатели НФР с правой и левой рук достоверно не отличались. Так, длительность латентных периодов R2 и R3 компонент НФР для правой руки составляла  $4,25 \pm 0,47$

мс и  $9,14 \pm 0,64$  мс, а для левой руки –  $4,27 \pm 0,80$  мс и  $9,12 \pm 1,01$  мс соответственно (рис. 2), что согласуется с литературными данными [12].

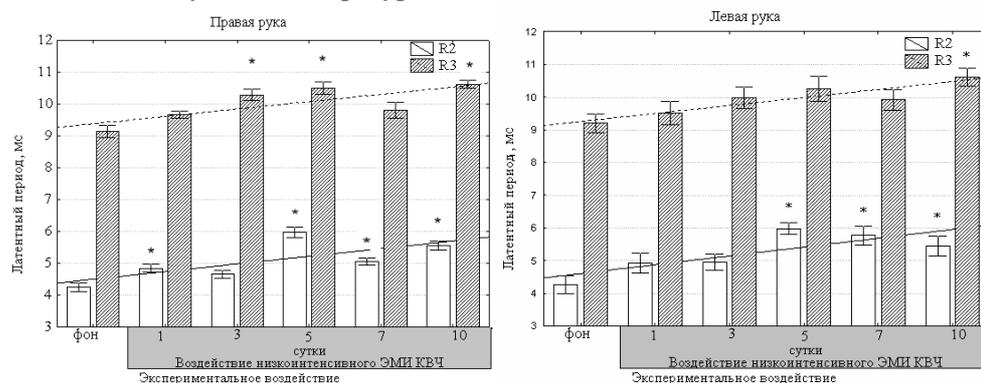


Рис. 2. Изменения длительности латентных периодов R2 и R3 компонент ноцицептивного флексорного рефлекса на правой и левой руках испытуемых при многократном воздействии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ).

*Примечание:* \* – достоверность различий относительно значений, зарегистрированных до воздействия ЭМИ КВЧ (фон) по критерию Вилкоксона.

При многократном воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ продолжительность латентного времени НФР экспоненциально возрастало относительно фоновых значений этих показателей. Так, уже после однократного КВЧ-воздействия время латентного периода R2 компоненты НФР на правой руке увеличилось в среднем на 13,13 % ( $p < 0,05$ ), а на левой – имело тенденцию к возрастанию (на 5,11 %;  $p > 0,05$ ). Изменение длительности латентного периода R3 компоненты НФР не были достоверными (см. рис. 2). Наибольшее увеличение латентного периода R2 компоненты НФР отмечалось на 5-е и 10-е сутки КВЧ-воздействия. Так, на 5-е сутки воздействия данного физического фактора время латентных периодов R2 и R3 компонент НФР для правой руки увеличилось на 40,29 % ( $p < 0,005$ ) и 15,41 % ( $p < 0,01$ ), а для левой руки – на 40,36 % ( $p < 0,05$ ) и 14,28 % ( $p < 0,05$ ) соответственно относительно фоновых значений. После 10-кратного воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ эти показатели повысились относительно исходных значений в среднем на 30,59% ( $p < 0,01$ ) и 16,28 % ( $p < 0,01$ ) на обеих руках (см. рис. 2).

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о следующих возможных соотношениях порога НФР с функциями ноцицептивной и антиноцицептивной систем. Так, снижение порога НФР может отражать либо усиление активности ноцицептивной системы, либо ослабление функций антиноцицептивной системы [20, 21]. Наоборот, повышение порога боли и НФР может указывать на снижение активности ноцицептивной системы или усиление работы антиноцицептивной системы [22 – 24].

Таким образом, повышение продолжительности латентного периода НФР после воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, зарегистрированного в данном

исследовании свидетельствует об уменьшении активности ноцицептивной системы и/или повышении активности основных антиноцицептивных систем организма.

**Изменение показателей Пб, Пр и коэффициента Пб/Пр под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ.**

Как показали результаты исследования, до КВЧ-воздействия Пб для правой и левой руки регистрировался  $4,63 \pm 0,89$  мА и  $4,96 \pm 0,87$  мА (рис. 3 – А), а Пр –  $4,61 \pm 0,91$  мА и  $4,82 \pm 0,97$  мА соответственно (рис. 3 – Б). Коэффициент Пб/Пр составил 1,02 усл.ед.(рис. 3- В), что соответствует норме, который у здоровых людей равен примерно 0,9–1,0 [12]. Принято считать, что снижение этого соотношения указывает на несоответствие между субъективной оценкой боли и активностью ноцицептивных и антиноцицептивных механизмов..

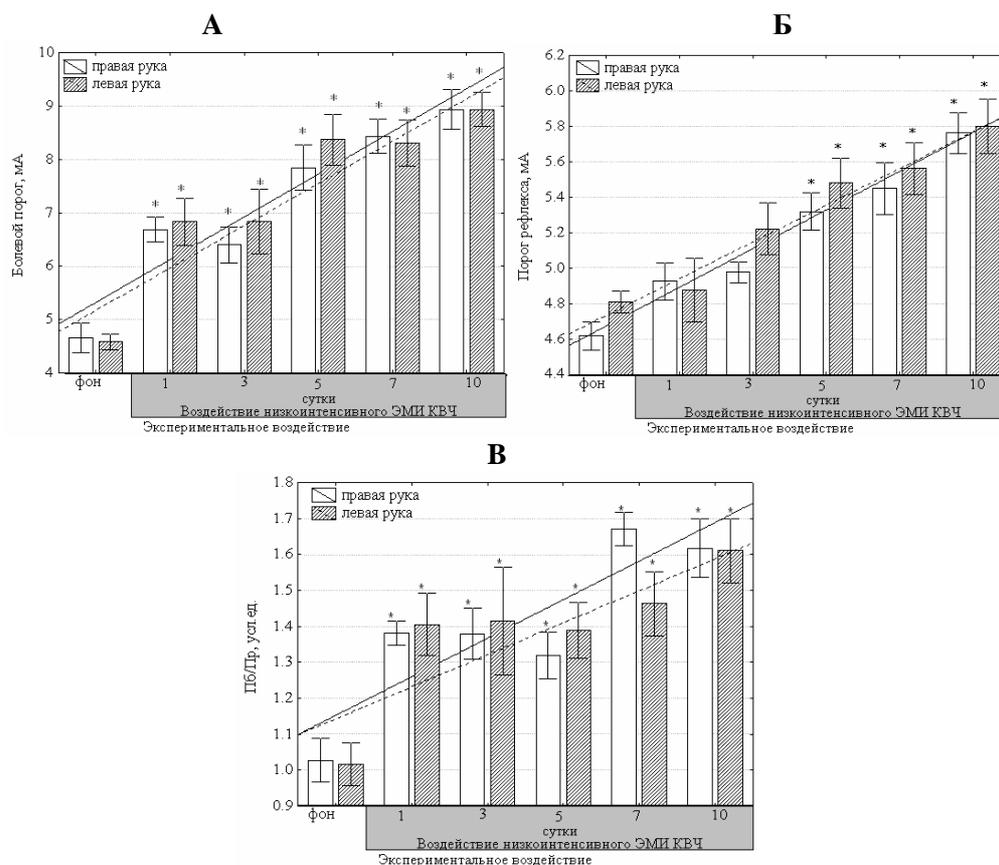


Рис. 3. Изменение болевого порога (А), порога рефлекса (Б) и коэффициента – порог боли/порог рефлекса (Пб/Пр) (В) правой и левой рук испытуемых при многократном воздействии низкоинтенсивного электромагнитное излучение крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ).

Примечание: \* - достоверность различий относительно исходных значений (фон) (по критерию Вилкоксона).

При многократном воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ отмечалось возрастание данных показателей относительно фоновых исходных значений. Так, после однократного воздействия данного физического фактора Пб увеличился на 44,04% ( $p < 0,001$ ) для правой и 37,74% ( $p < 0,001$ ) для левой рук относительно исходных значений этих показателей и составил  $6,69 \pm 0,75$  мА для правой и  $6,83 \pm 1,32$  мА для левой рук (рис. 3 - А). При этом отмечалась тенденция к увеличению показателя Пр в среднем на 6,80 % ( $p > 0,05$ ) (рис. 3 - Б). Коэффициент Пб/Пр при этом также увеличился в среднем на 25,58 % ( $p < 0,01$ ) и составил в среднем 1,39 усл.ед (рис. 3 - В). Максимальное достоверное повышение Пб отмечались на 10-й день КВЧ-воздействия в среднем на 83,24 % относительно фоновых исходных значений и составили для правой руки  $8,71 \pm 0,94$  мА, а для левой руки -  $8,94 \pm 0,85$  мА (рис. 3 - А). Показатель Пр также повышался и на 10-й день воздействия данного физического фактора и составил для правой руки  $5,74 \pm 0,64$  мА, а для левой -  $5,8 \pm 0,75$  мА (рис. 3 - Б). Коэффициент Пб/Пр после воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ достоверно повысился и на 10-й день составил 1,61, т.е. увеличился в среднем на 63,84 % ( $p < 0,001$ ) относительно фоновых значений (рис. 3 - В). По литературным данным [25] это свидетельствует об усилении антиноцицепции на уровне «воротного контроля» боли.

Таким образом, после многократного воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ отмечалось значительное снижение болевой чувствительности, что свидетельствует об уменьшении периферической ноцицептивной афферентации и увеличении антиноцицептивного контроля у испытуемых [12]. В работе Guieu R. и соавт. [26] показано повышение болевых порогов при применении нестероидных противовоспалительных средств (ибупрофен, кетопрофен, аспирин, индометацин), что, может быть, с одной стороны, обусловлено редукцией периферического ноцицептивного фактора (за счет антипростагландинового эффекта), а с другой стороны — центральным антиноцицептивным действием.

Показано выраженное повышение данного коэффициента при действии других физических факторов, например, воздействии углекислотного лазера [27] и продолжительной вибрации [28].

Таким образом, низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ вызвало у испытуемых значительное повышение Пб, Пр, а также продолжительности латентного периода НФР.

В различных экспериментальных и клинических исследованиях показано, что изменение показателей НФР связано с изменением активности опиоидной, норадренергической, ГАМК и серотонинергической систем мозга. Доказательством участия опиоидной системы в реализации НФР являются исследования F. Guinmand и соавт. [29], в которых показано повышение порогов НФР морфина и морфиноподобных препаратов. Доказано, что уровень бета-эндорфина в плазме коррелирует с порогом НФР и соответственно с анальгезией [30]. Пороги НФР при исследовании таких препаратов, как клонидин, вальпроат натрия, диазепам, обладающих определенным обезболивающим эффектом повышались, а механизмы антиноцицептивного действия этих препаратов реализуются посредством их влияния на норадренергические (клонидин) и ГАМК-ергические (вальпроат натрия, диазепам) системы, задействованные в работе антиноцицептивной системы мозга [31].

Свидетельства существования участия серотонинергического контроля в реализации НФР широко представлены в результатах исследования на животных [32]. У людей получены только предварительные результаты. Назначение индальпина – вещества, блокирующего обратный захват серотонина (5-НТ), вызывает достоверное повышение порога НФР [33]. Эффекты другого препарата – трициклического антидепрессанта дотепина, ингибирующего обратный захват серотонина и взаимодействующего с 5-НТ2 рецепторами, объясняются его влиянием на диффузный ноцицептивный ингибирующий контроль, что проявляется в значительном повышении порогов боли НФР [32, 34].

В наших предыдущих исследованиях показано, что повышение активности опиодной, норадренергической и серотонинергической систем мозга является основным механизмом антиноцицептивного эффекта низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ [1].

Таким образом, многократное воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ обладает выраженным антиноцицептивным действием, что выражается в повышении продолжительности латентного периода НФР и Бп. При этом анальгезирующий эффект постепенно повышается и максимальное снижение болевой чувствительности отмечается после десятикратного КВЧ-воздействия. Это может быть связано с кумуляцией действия ЭМИ, которая проявляется в функциональных и морфологических изменениях на разных уровнях живого организма (субклеточном, клеточном, тканевом и пр.) [35], что согласуется с данными других авторов [36, 37] и нашими предыдущими исследованиями [1].

Следовательно, изменение показателей НФР под влиянием курсового воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ свидетельствует об уменьшении периферической ноцицептивной афферентации и повышении активности основных антиноцицептивных систем.

### ВЫВОДЫ

1. Под влиянием многократного воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) отмечается достоверное увеличение продолжительности латентного периода, болевого порога, порога рефлекса, а также коэффициента порог боли/порог рефлекса НФР относительно исходных значений, что свидетельствует об уменьшении периферической ноцицептивной афферентации и повышении активности основных антиноцицептивных систем.
2. При многократном воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ продолжительность латентных периодов R2 и R3 компонент НФР достоверно увеличивается, достигая максимума на пятые (в среднем на 40,30 %;  $p < 0,005$  и 15,00 %;  $p < 0,01$  на правой и левой руках соответственно) и десятые (на 30,59% ( $p < 0,01$ ) и 16,28 % ( $p < 0,01$ )) сутки КВЧ-воздействия, что свидетельствует о кумуляцией действия ЭМИ и выраженном антиноцицептивном эффекте данного физического фактора.
3. При многократном воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ болевой порог, порог рефлекса и коэффициент – порог боли/порог рефлекса достоверно увеличиваются относительно исходных значений, достигая максимума после 10-

го сеанса КВЧ-воздействия (в среднем на 83,24 % ( $p < 0,001$ ), на 18,29 % ( $p < 0,05$ ) и на 63,84 % ( $p < 0,001$ ) соответственно), что также свидетельствует об уменьшении периферической ноцицептивной афферентации и увеличении антиноцицептивного контроля у испытуемых.

### Список литературы

1. Чуян Е.Н. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, Э.Р. Джелдубаева – Симферополь, 2006. – 458 с.
2. КВЧ-терапия аппаратом “Амфит” в педиатрии / Н.А. Азов, А.В. Карнауков, А.П. Разживин [и др.] // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 2 (14). – С. 45-48.
3. Бессонов А.Е. Способ миллиметрово-волновой терапии / А.Е. Бессонов, М.В. Балакирев // Вестник новых медицинских технологий. – 1998. – Т. 5, № 2. – С. 105 – 108.
4. О некоторых возможностях КВЧ-излучения для лечения неврологических больных / М.А. Ронкин, О.В. Бецкий, И.М. Максименко [и др.] // Сб. докл. Междунар. симпози. «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР, 1991. – С. 263-266.
5. Вейн А.М. Боль и обезболивание / А.М. Вейн, М.Я. Авруцкий – М.: Медицина, 1997. – 280 с.
6. Комбинированное нейрохирургическое лечение больных с опухолями задней черепной ямки / В.М. Ольхов, С.Я. Волошук, А.Г. Корчинский [и др.] // Украинський нейрохірургічний журнал. – 2001. – Т. 2. – С. 162-163.
7. Болевые синдромы в неврологической практике / Под редакцией А.М. Вейна. – Москва: МЕДпресс-информ, 2001 г. – 368 с.
8. Катаев А.Ю. Принципы обезболивания в послеоперационном периоде / А.Ю. Катаев, А.В. Бабаянц // Русский медицинский журнал. – 2004. – Т. 12, № 7. – С. 479-483.
9. Чахава К.О. Терапия Пиразидолом хронических болевых расстройств пояснично-крестцовой локализации / К.О. Чахава // Русский медицинский журнал. – 2003. – Том 11, №25 (197). – С.1415–1418.
10. Enhanced wind-up of the C-fiber-mediated nociceptive flexor reflex movement following painful diabetic neuropathy in mice / S. Kimura, M. Tanabe, M. Honda [et al.] // J. Pharmacol. Sci. – 2005. – Vol. 97(2). – P. 195–202.
11. Olesen J. 5-Hydroxytryptamin Mechanisms in Primary Headaches. / Olesen J. – PR Saxena: Raven Press 1992. – 384 p
12. Данилов А.Б. Ноцицептивный флексорный рефлекс: метод изучения церебральных механизмов боли (обзор) / А.Б. Данилов, Ал.Б. Данилов, А.М. Вейн // Журн. невропат. и психиатр. им. С.С.Корсакова. – 1996. – № 1. – С. 107–112.
13. Enhanced wind-up of the C-fiber-mediated nociceptive flexor reflex movement following painful diabetic neuropathy in mice / S. Kimura, M. Tanabe, M. Honda [et al.] // J. Pharmacol. Sci. – 2005. – Vol. 97(2). – P. 195–202.
14. Nociceptive withdrawal reflexes evoked by uniform-temperature laser heat stimulation of large skin areas in humans / C.D. Morch, O.K. Andersen, T. Graven-Nielsen [et al.]. // J. Neurosci. Methods. – 2007. – Vol. 160(1). – P. 85–92.
15. France C.R. Using normalized EMG to define the nociceptive flexion reflex (NFR) threshold: further evaluation of standardized NFR scoring criteria / C.R. France, J.L. Rhudy, S. McGlone // Pain. – 2009. – Vol. 45, № 1–2. – P. 211–218.
16. Мачерет Е.Л. Руководство по рефлексотерапии / Е.Л. Мачерет, И.З. Самосюк – К.: Выща шк., 1989. – 479 с.
17. Рефлекторные ЭМГ реакции мышц предплечья при ноцицептивном раздражении пальцев руки человека / А.В. Гнездилов, А.В. Сыровегин, С.Е. Плаксин [и др.] // Тезисы Российской научно - практической конференции «Организация медицинской помощи больным с болевыми синдромами». – 1997. – Новосибирск. – С. 45.
18. Гокин А.П. Влияние стимуляции центрального серого вещества на низко- и высокопороговые рефлексы вздрагивания / А.П. Гокин, М.В. Карпухина, Ю.П. Лиманский // Нейрофизиология. – 1989. – Т. 21, № 1.– С. 71–77.

19. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. / Гланц С. – М: Практика, 1999. – 459 с.
20. Langemark M. Decreased nociceptive flexion reflex threshold in chronic tension-type headache / M. Langemark, F.W. Bach, T.S. Jensen, J. Olesen // Arch. Neurol. – 1993. – Vol. 50(10). – P. 1061–1423.
21. Neurophysiologic evidence for a central sensitization in patients with fibromyalgia / J.A. Desmeules, C. Cedraschi, E. Rapiti [et al.] // Arthritis Rheum. – 2003. – Vol. 48(5). – P. 1420–1429.
22. Antonaci F. Neurophysiological studies in chronic paroxysmal hemicrania and hemicrania continua / F. Antonaci, G. Sandrini, A. Danilov, T. Sand // Headache. – 1994. – Vol. 34(8). – P. 479–483.
23. Латышева Н.В. Эффективность венлафаксина при хронической ежедневной головной боли / Н.В. Латышева, Е.Г. Филатова // Лечение нервных болезней. – 2008. – Т. 9, №1 (23). – С. 26–32.
24. In vivo pain-inhibitory role of nociceptin/orphanin FQ in spinal cord / M. Inoue, T. Kawashima, H. Takeshima [et al.] // J. Pharmacol. Exp. Ther. – 2003. – Vol. 305(2). – P. 495–501.
25. Garcia-Larrea L. Clinical use of nociceptive flexion reflex recording in the evaluation of functional neurosurgical procedures / L. Garcia-Larrea, M. Sindou, F. Mauguire // Acta Neurochir. Suppl. – 1989. – Vol. 46. – P. 53–57.
26. Guieu R. Analgesic effect of indomethacin shown using the nociceptive flexion reflex in humans / R. Guieu, O. Bun, J. Pouget, G. Serratrice // Ann. Rheum. Dis. – 1992. – Vol. 51. – P. 391–393.
27. Facilitation of a nociceptive flexion reflex in man by non-noxious laser radiant heat produced by a laser / L. Plaghki, D. Bragard, D. Le Bars [et al.] // J. Neurophysiol. – 1998. – Vol. 79. – P. 2557–2567.
28. Ertekin C. Effect of continuous vibration on nociceptive flexor reflexes / C. Ertekin, D. Akcali // J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. – 1978. – Vol. 41(6). – P. 532–537.
29. The effects of ketamine on the temporal summation (wind-up) of the RIII nociceptive reflex and pain in humans / F. Guinmand, X. Dupont, L. Brasseur [et al.] // Anesth. Analg. – 2000. – Vol. 90. – P. 408–414.
30. Willer J.C. Nociceptive flexion reflexes as a tool for pain research in man / J.C. Willer // Adv. Neurol. – 1983. – Vol. 39. – P. 809–827.
31. Coquoz D. Central analgesic effects of desipramine, fluvoxamine, and moclobemide after single oral dosing: a study in healthy volunteers / D. Coquoz, H.C. Porchet, P. Dayer // Clin. Pharmacol. Ther. – 1993. – Vol. 54(3). – P. 339–344.
32. Interaction of serotonin and norepinephrine in spinal antinociception / Z.H. Zhang, S.W. Yang, J.Y. Chen [et al.] // Brain Res. Bull. – 1995. – Vol. 38(2). – P. 167–171.
33. Prolonged gum chewing evokes activation of the ventral part of prefrontal cortex and suppression of nociceptive responses: involvement of the serotonergic system / K. Kamiya, M. Fumoto, H. Kikuchi [et al.] // J. Med. Dent. Sci. – 2010. – Vol. 57(1). – P. 35–43.
34. Standardizing procedures to study sensitization of human spinal nociceptive processes: comparing parameters for temporal summation of the nociceptive flexion reflex (TS-NFR) / E.L. Terry, C.R. France, E.J. Bartley [et al.] // Int. J. Psychophysiol. – 2011. – Vol. 81(3). – P. 263–274.
35. Девятков Н.Д. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. / Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
36. Авелев В.Д. Стимулирующее влияние электромагнитных волн миллиметрового диапазона нетепловой мощности на органотипические культуры спинальных ганглиев куриных эмбрионов / В.Д. Авелев, Г.Н. Акоев, Н.И. Чалисова, М.И. Людынс // Сб. докл. Межд. симпоз. «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР, 1991. – С. 381–386.
37. Берус А.В. Особенности изменений параметров спектра ЭЭГ в ходе КВЧ-терапии у больных гипертонической болезнью с разными типами гемодинамики / А.В. Берус, А.Е. Столбиков, О.В. Шмаль, П.Я. Гапонюк // Сб. докладов Международного симпозиума «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР, 1991. – Т. 1. – С. 114–119.

**Чуян О.М.** Зміна показників ноцицептивної флексорного рефлексу під впливом низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти / **О.М. Чуян, Е.Р. Джелдубаєва, Н.С. Трибрат** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 220-229.

Показана динаміка зміни показників ноцицептивного флексорного рефлексу під впливом низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти (ЕМВ НВЧ; 7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) при електронейромиографическом дослідженні верхніх кінечностей людини. Показано, що під впливом багаторазового впливу ЕМВ НВЧ тривалість латентних періодів R2 і R3 компонент ноцицептивного флексорного рефлексу, больовий поріг, поріг рефлексу і коефіцієнт (поріг болю / поріг рефлексу) достовірно збільшуються відносно фонових значень, що свідчить про ослаблення ноцицептивних впливів і посиленні антиноцицепції.

**Ключові слова:** низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, ноцицептивної флексорний рефлекс, больовий поріг.

**Chuyan E.N** The change of nociceptive flexor reflex data under the influence of low-intensity electromagnetic radiation extremely high frequency / **E.N. Chuyan, E.R. Dzheldubaeva, N.S. Tribat** // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 220-229.

It is shows the dynamics of change nociceptive flexion reflex data under the influence of low-intensity electromagnetic radiation extremely high frequency (EMR EHF, 7.1 mm, 0.1 mW/cm<sup>2</sup>) by the study of hands with electroneuromyographic survey. It is shown that under influence of multiple exposure EMR EHF the latencies R2 and R3 components of the nociceptive flexion reflex, pain threshold, threshold of reflex and the coefficient (the threshold of pain / threshold of reflex) was significantly increased relative of benchmark data, indicating a weakening of nociceptive effects and enhancing of antinociception

**Keywords:** low-intensity electromagnetic radiation of extremely high frequency, nociceptive flexor reflex, threshold of pain.

*Поступила в редакцію 26.11.2012 г.*

**УДК 612.014.42:595.123**

## **ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ РЕГЕНЕРИРУЮЩИХ И НЕРЕГЕНЕРИРУЮЩИХ ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA* В УСЛОВИЯХ СЛАБОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ**

*Ярмолюк Н.С.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: nat\_yarm@mail.ru*

Показано, что электромагнитное экранирование вызывает изменения инфрадианной ритмики скорости движения нерегенерирующих и регенерирующих планарий, что выражается в изменении структуры спектров и амплитудно-фазовых соотношений. Отмечено, что изменения инфрадианной ритмики скорости движения более выражены у нерегенерирующих планарий, чем у регенерирующих.

**Ключевые слова:** скорость движения, инфрадианная ритмика, электромагнитное экранирование, планарии.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из актуальных проблем биофизической медицины и космической биологии является изучение эффектов экранирования. Первые опыты с помещением человека в «магнитный вакуум» были проведены с сугубо практической целью перед пилотируемым полетом на Луну, где магнитное поле очень низкое. Необходимо было оценить влияние отсутствия этого фактора на состояние космонавтов [1]. Эффекты ослабления магнитного поля, обнаруженные в этой, а также других работах, свидетельствовали о том, что пребывание в объемах с уменьшением постоянного и переменных магнитных полей приводит к изменению функционального состояния человека и животных. Однако эффекты очень низких ослаблений как постоянного, так и переменных магнитных полей Земли не исследованы. Отсюда вытекает необходимость изучения эффектов крайне слабого электромагнитного экранирования. Решение столь важных проблем требует использования объектов, обладающих высокой чувствительностью. Такой системой являются беспозвоночные животные, в частности планарии. Используя в качестве показателя их функциональной активности регенерацию, удалось получить новые данные о биологической активности ПеМП различных параметров, гравитации, лазерного излучения и т.д. [2]. Поэтому целесообразно применение этих животных и для изучения эффектов ЭМЭ. В настоящее время разработаны способы регистрации функционального состояния планарий, позволяющие оценить не только процесс их регенерации. Таким показателем является скорость их движения. Кроме того, показано, что одним из характерных расстройств, вызываемых действием ЭМП различных параметров, является изменение временной

организации биологических систем [3]. В нашей лаборатории было показано, что ЭМЭ стимулирует регенераторные процессы у планарий [4], этот эффект зависит от исходного функционального состояния животных, обусловленного сезоном года [5], функциональной асимметрией [6]. Однако влияние ЭМЭ на нерегенерирующих планарий и их инфрадианную ритмику не изучено. В связи с этим, целью данного исследования явилось изучение влияния ЭМЭ на инфрадианную ритмику СД нерегенерирующих и регенерирующих планарий *Dugesia tigrina*.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В работе использована лабораторная бесполовая раса планарий *Dugesia tigrina*, условия их содержания и кормления описаны ранее [4].

Для экспериментов использовали животных длиной  $\approx 9 \pm 1$  мм, у которых движение осуществляется за счет ресничек, а не мускулатуры [7].

Планарий отбирали для опыта через три-четыре дня после кормления. Эксперимент выполнялся на интактных и регенерирующих планариях, поэтому было проведено две серии экспериментов. В каждой серии было выделено 2 группы животных по 25 особей в каждой, для которых поддерживался одинаковый режим освещенности и температуры. В отличие от традиционных исследований, в которых всех животных одной группы содержали в одном флаконе, в наших экспериментах каждое животное из выделенных групп помещалось в отдельный флакон с 20 мл. воды, что позволило регистрировать СД каждой планарии отдельно ежедневно в течение 15-ти суточного эксперимента. Сроки проведения исследования определялись продолжительностью регенерации. Первые группы животных находилась в обычных условиях лаборатории (контрольные животные), вторые содержались в условиях слабого ЭМЭ в течение 23 часов в сутки.

Для определения СД применяли компьютерные технологии анализа изображения. Для этого видеоизображения движущихся в воде червей регистрировались с частотой 30 кадров в одну секунду. СД планарии вычислялась отношением пройденного ею пути (мм) ко времени в одну секунду. Путь измерялся наложением двух участков одного видеоряда с соответствующей разницей во времени. Контрастирование проводилось при помощи стандартной операции «вычитания» для двух изображений [8].

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, конструкция которой описана ранее [9].

Проверка полученных данных на закон нормального распределения позволила применить параметрический метод в статистической обработке и анализе материала исследования. Вычисляли среднее значение исследуемых величин и ошибку средней. Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. За достоверную принимали разность средних при  $p < 0,05$ . Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Statistica и Microsoft Excel [10, 11].

В качестве основного метода анализа продолжительности периодов и амплитудно-фазных характеристик регенераторных процессов использовали быстрое преобразование Фурье, обеспечивающее разложение временного ряда на

конечное число элементарных периодических компонент, и программу косинор-анализа (решение систем линейных уравнений методом Крамера), дающие полное представление о структуре физиологических ритмов [12].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований выявили некоторые различия инфрадианной ритмики СД нерегенерирующих и регенерирующих планарий.

В инфрадианной ритмике СД нерегенерирующих планарий контрольной группы были выявлены следующие периоды:  $\approx 2^d,3 \pm 0,002$ ;  $\approx 2^d,7 \pm 0,002$ ;  $\approx 3^d,3 \pm 0,001$  и  $\approx 8^d,0 \pm 0,003$ . Амплитуды выделенных ритмов колебались от  $0,017 \pm 0,002$  усл.ед. до  $0,022 \pm 0,003$  усл.ед. Доминирующим ритмом являлся  $\approx 8^d,0 \pm 0,003$ . В спектре регенерирующих планарий контрольной группы выявлены следующие периоды:  $\approx 2^d,3 \pm 0,002$ ;  $\approx 2^d,7 \pm 0,002$ ;  $\approx 3^d,3 \pm 0,001$  и  $\approx 5^d,8 \pm 0,002$ , где доминирующим ритмом был период  $\approx 5^d,8 \pm 0,002$  с амплитудой  $0,013 \pm 0,002$  усл.ед.

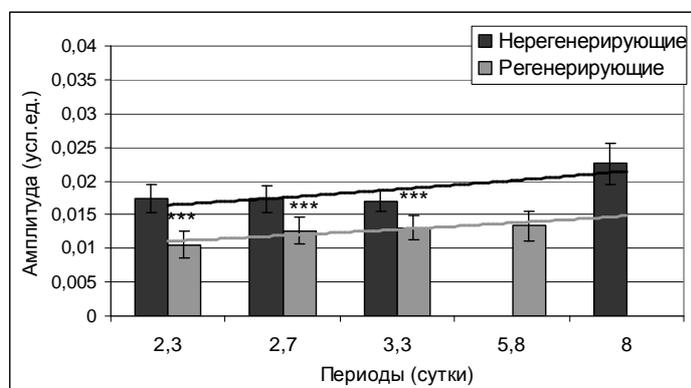


Рис. 1. Спектры периодов инфрадианных ритмов скорости движения интактных и регенерирующих планарий контрольных групп

Примечание: \* - достоверность различий сравниваемых групп: \*\*\* – ( $p < 0,05$ )

Таким образом, доминирующий ритм в контрольной группе регенерирующих планарий смещается в сторону высокочастотных ритмов, относительно доминирующего ритма в группе нерегенерирующих планарий. При этом отмечено, что амплитуды выявленных периодов регенерирующих планарий несколько ниже, чем в группе нерегенерирующих планарий (рис. 1). Инфрадианные ритмы такой продолжительности отмечены в деятельности различных физиологических систем у позвоночных [13–17], а также у беспозвоночных – моллюсков [18].

Косинор-анализ позволил выявить определенные межфазные соотношения у нерегенерирующих и регенерирующих планарий контрольных групп. Так, в периодах  $\approx 2^d,7$  и  $\approx 3^d,3$  отмечена тенденция к сдвигу фаз, которая составила  $27,38^\circ$  и  $276,39^\circ$  соответственно (рис. 2).

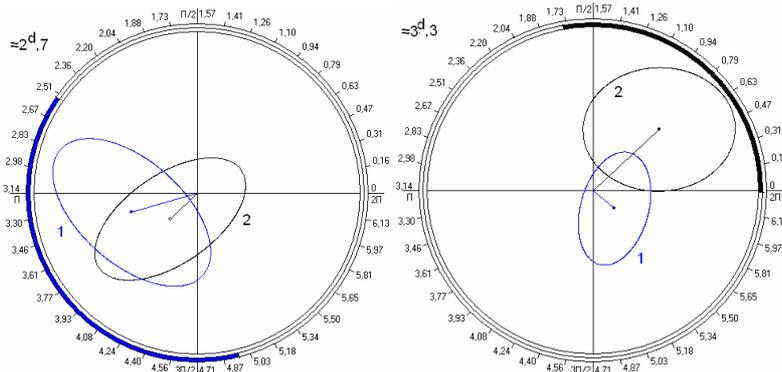


Рис. 2. Косинорограммы периодов  $\approx 2^d,7$  и  $\approx 3^d,3$  (радианы) скорости движения планарий контрольных групп: нерегенерирующих (1) регенерирующих (2).

Как показали результаты проведенных исследований, ЭМЭ приводит к изменениям ИР СД планарий.

В группе животных, подвергавшихся влиянию ЭМЭ, выделялись такие периоды:  $\approx 2^d,4$ ;  $\approx 2^d,7$ ;  $\approx 3^d,2$ ;  $\approx 4^d,3$  и  $\approx 5^d,8$ . То есть не выявлялись периоды  $\approx 3^d,7$  и  $\approx 9^d,1$ , характерные для контрольной группы животных (рис. 1).

Амплитуды выделенных ритмов колебались от  $0,020 \pm 0,002$  усл.ед. до  $0,035 \pm 0,002$  усл.ед. Доминирующий был период  $\approx 5^d,8$  с амплитудой  $0,035 \pm 0,002$  усл.ед. При этом амплитуды выделенных ритмов исследуемого спектра планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ, также возрастали с увеличением длины периода, как и в интактной группе животных (рис. 3).

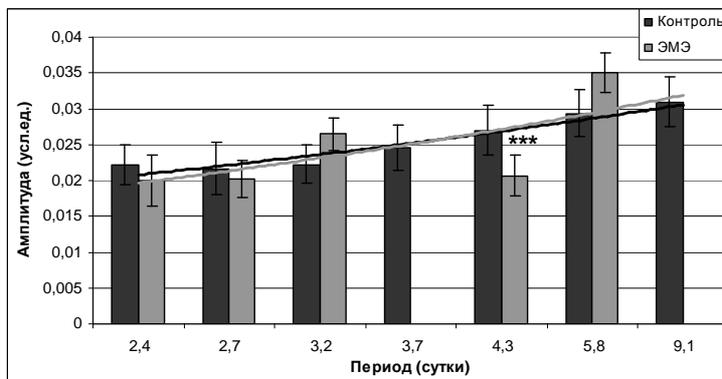


Рис. 3. Спектры инфрадианной ритмики скорости движения нерегенерирующих планарий контрольных группы и животных, подвергнутых действию ЭМЭ

Примечание: \* – достоверность различий относительно значений контрольной группы; \*\*\* – ( $p < 0,05$ )

Косинор-анализ позволил выявить во всех выделенных периодах определенные фазовые соотношения между данными контрольной и экспериментальной групп. Выявлено, что в периодах  $\approx 2^d,7$  и  $\approx 4^d,3$  наблюдался достоверный сдвиг фаз на  $262,44^\circ$  ( $p_1 < 0,01$ ) и  $219,07^\circ$  ( $p_1 < 0,01$ ) соответственно. Тогда как во всех остальных выделенных периодах наблюдается только тенденция к сдвигу:  $\approx 2^d,4$  на  $48,63^\circ$  и  $\approx 5^d,8$  на  $17,58^\circ$  (рис. 4).

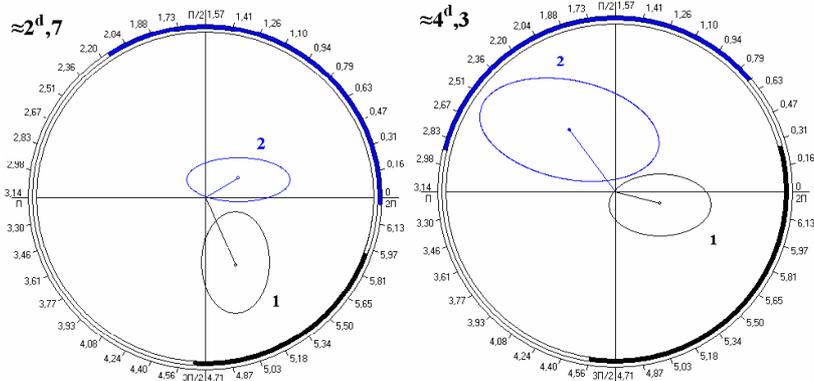


Рис. 4. Косинорограммы периодов  $\approx 2^d,7$  и  $\approx 4^d,3$  (радианы) скорости движения нерегенерирующих планарий контрольной группы (1) и в условиях ЭМЭ (2).

При сравнении спектров ИР интактных нерегенерирующих планарий и животных, подвергавшихся воздействию ЭМЭ, выявлено, что в контрольной группе характерно наличие семи периодов, тогда как в группе планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ, было выявлено на два периода меньше, то есть в условиях ЭМЭ спектр становится менее насыщенным. Периоды  $\approx 3^d,7$  и  $\approx 9^d,1$  характерны лишь для интактных животных. Не совпадали и доминирующие ритмы:  $9^d,1$  отмечен в контрольной группе планарий, когда в экспериментальной группе доминирующий ритм смещался в сторону более высокочастотных и составил –  $\approx 5^d,8$ . Кроме того в периодах  $\approx 2^d,7$  и  $\approx 4^d,3$  отмечены значительные фазовые сдвиги – на  $262,44^\circ$  ( $p_1 < 0,01$ ) и  $219,07^\circ$  ( $p_1 < 0,01$ ) соответственно (рис. 4).

Анализ результатов исследования выявил, что влияние ЭМ факторов приводит к изменениям ИР СД и регенерирующих планарий. В ИР СД регенерирующих планарий в условиях ЭМЭ, выделяются пять периодов:  $\approx 2^d,2$ ;  $\approx 2^d,7$ ;  $\approx 3^d,3$ ;  $\approx 4^d,0$  и  $\approx 5^d,8$ , что на один период больше, чем в контрольной группе. Таким образом, выявляется новый период, характерный для группы ЭМЭ –  $\approx 4^d,0$ . В периоде  $\approx 3^d,3$  отмечено снижение амплитуды в 1,4 раза ( $p_1 < 0,05$ ). В исследуемом спектре доминирующим периодом был  $\approx 5^d,8$  с амплитудой  $0,013 \pm 0,001$  усл.ед., при этом он совпадал с доминирующим ритмом интактных животных. Анализируя амплитудные значения, отмечено, что как в контрольной группе, так и у животных, содержащихся в условиях ЭМЭ, амплитуды находились в пределах от  $0,010 \pm 0,001$  до  $0,013 \pm 0,001$  усл.ед. Таким образом, отмечена тенденция к возрастанию амплитуды с увеличением длины периода (рис. 5).

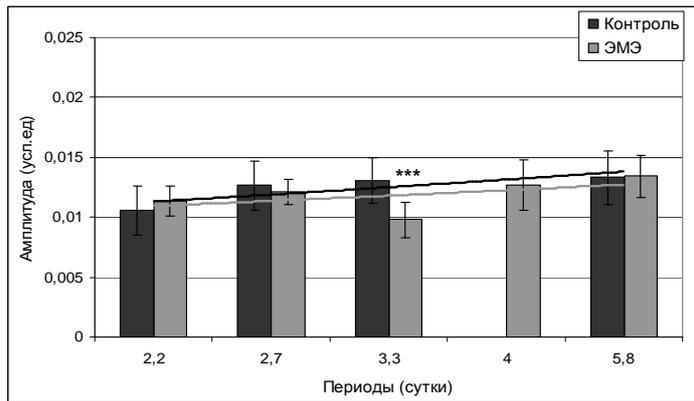


Рис. 5. Спектры инфрадианной ритмики скорости движения регенерирующих планарий контрольных группы и животных, подвергнутых действию ЭМЭ  
Примечание: \* – достоверность различий относительно контрольных значений: \*\*\* – ( $p < 0,05$ )

Косинор-анализ позволил выявить определенные межфазные соотношения у интактных регенерирующих планарий и животных, содержащихся в условиях ЭМЭ. В выявленных периодах  $\approx 2^d, 2$ ;  $\approx 2^d, 7$ ;  $\approx 3^d, 3$  и  $\approx 5^d, 8$  была отмечена тенденция к сдвигу фаз на  $248^\circ$ ;  $21^\circ, 08$ ;  $12^\circ, 95$  и  $44^\circ, 4$  соответственно (рис. 6).

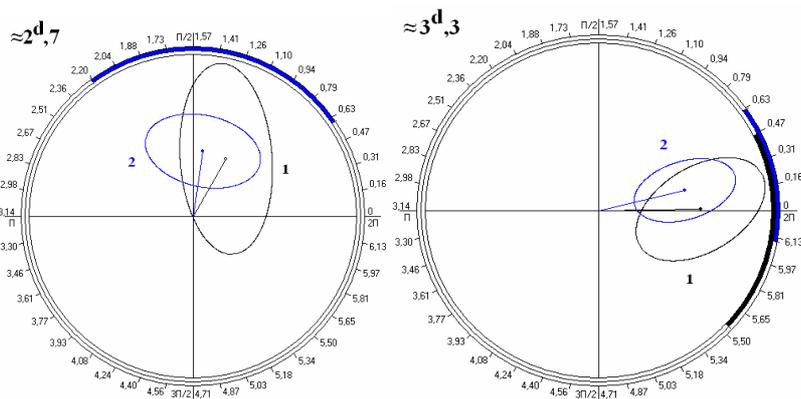


Рис. 6. Косинорограммы периодов –  $\approx 2^d, 7$  и  $\approx 3^d, 3$  (радианы) скорости движения регенерирующих животных контрольной группы (1) и в условиях ЭМЭ (2).

Таким образом, ЭМЭ вызывает изменения ИР СД регенерирующих планарий. Так, в спектре СД появляется новый период  $\approx 4^d, 0$ , в 1,4 раза ( $p_1 < 0,05$ ) снижается амплитуда трехсуточного периода, т.е. изменяется структура спектров ИР, однако при этом ЭМЭ не влияет на их фазные характеристики.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о различной чувствительности нерегенерирующих и регенерирующих планарий к действию электромагнитных факторов. Слабое многодневное ЭМЭ вызывает менее

выраженную трансформацию ИР СД у регенерирующих планарий, чем у нерегенерирующих, у которых под их влиянием не только изменяются структуры спектров, но значительно сдвигаются фазы, т.е. развивается десинхроноз. Эти данные находятся в полном соответствии с результатами других исследований. Полная изоляция человека от всех известных датчиков и указателей времени (колебания освещенности, температуры, звукового фона, электромагнитных полей и пр.) представляет собой достаточно сложную техническую задачу. В какой-то мере этим требованиям удовлетворяют подземные пещеры, специальные бункеры и сурдокамеры. При изоляции в пещерах [19–21] и в лабораторных условиях [22] исследовали ритмы активности, температуры тела, экскреции калия, натрия, хлора, содержание 17-гидрооксикортикостероидов (17-ГОКС) в крови. У человека, находившегося в изоляции (бункер) в течение 8 сут, сохранился ритм температуры тела и активности (периодичность сон-бодрствование), соответствующий норме. В последующие дни перепад ритмов увеличился — проявился эффект внешней десинхронизации. После выхода из изоляции режим активности нормализовался в первые же сутки, тогда как фазовая синхронизация температуры тела наступила только через 8 дней [23]. При сохранении одинакового периода ритмов активности и температуры в бункерных экспериментах [24] у человека могут изменяться соотношения фаз указанных биоритмов относительно исходных. Например, минимум температуры тела, в норме приуроченный к последним часам сна, в условиях изоляции смещается к его началу. Следовательно, совпадая по частоте, ритмы различных показателей могут находиться в соотношении фазовой десинхронизации, что, по мнению R. Wever, свидетельствует о существовании в организме нескольких независимых колебательных систем. Полная или частичная изоляция от естественных физических и социальных датчиков делает организм более чувствительным к действию искусственных датчиков, что можно использовать для направленной перестройки биоритмов. Диапазон возможной перестройки определяется способностью биоритмов к синхронизации с внешними датчиками.

### ВЫВОДЫ

1. ЭМЭ вызывает изменения инфрадианной ритмики скорости движения нерегенерирующих и регенерирующих планарий, что выражается в изменении структуры спектров и амплитудно-фазовых взаимоотношений.
2. ЭМЭ вызывает сглаженность ритмических процессов скорости движения нерегенерирующих и регенерирующих планарий, выражающуюся в уменьшении числа выявленных периодов, значительном снижении амплитуд большинства выделенных ритмов. Сглаженность ритмики сопровождается развитием признака десинхроноза. В спектре регенерирующих планарий появляется новый период  $\approx 4^d,0$ , в 1,4 раза снижается амплитуда трехсуточного периода.
3. Изменения инфрадианной ритмики СД более выражены у нерегенерирующих планарий, чем у регенерирующих.

## Список литературы

1. Busby D.E. Space biomagnetism / D.E. Busby // Space life Science. – 1968. – Vol.1, №1. – P. 23–28.
2. Использование планарий для изучения действия экологических факторов / Н.А. Темурьянц, Н.А. Демцун, Н.С. Ярмолук [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61) – № 1. – С. 78–86.
3. Владимирский Б.М. Солнечно-земные связи в биологии и явление «захвата» частоты / Б.М. Владимирский // Проблемы космич. биологии. – 1982. – Т. 43. – С. 166–173.
4. Демцун Н.А. Динамика скорости движения планарий, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования / Н.А. Демцун, Н.А. Темурьянц, М.М. Баранова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61). – № 2. – С. 24–32.
5. Демцун Н.А. Сезонные различия регенерации планарий *Dugesia tigrina* при электромагнитном экранировании : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Н.А. Демцун – Симферополь, 2010. – 22 с.
6. Ярмолук Н.С. Влияние электромагнитного экранирования на регенерацию планарий *Dugesia tigrina* с различной функциональной асимметрией / Н.С. Ярмолук // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009 – Том 22 (61), № 4. – С. 302–310.
7. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт-Ниельсен – М: «Мир», 1982. – С. 555–643
8. Патент № 98095 Украины МПК51 А 01 К 61/00. Способ определения скорости движения интактных и регенерирующих планарий / Темурьянц Н.А., Баранова М.М., Демцун Н.А.; заявитель и правообладатель Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского. – № U 200908540; заявл.: 13.08.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл.№5.
9. Метод получения крайне слабых постоянного магнитного и электрического полей и хорошо воспроизводимого комбинированного магнитного поля для биологических исследований / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, В.С. Мартынюк [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология. Химия». – 2010. – Т.23, №2. – С. 54–65.
10. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – К.: Модмон, 2000. – 319 с.
11. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
12. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И.П. – Новосибирск: Наука, 1976. – 127 с.
13. Темурьянц Н.А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире / Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. // Киев. Наукова Думка, 1992. – 188 с.
14. Стригун Л.М. Биоритмы дегидрогеназ и гелиобиологические связи / Л.М. Стригун // Циклы природы и общества. – 1996. – № 2. – С. 143–149.
15. Чиркова Э.Н. Современная гелиобиология / Чиркова Э.Н. – М.: «Гелиос», 2005. – 250 с.
16. Шабатура Н.Н. Механизм происхождения инфрадианных биологических ритмов / Н.Н. Шабатура // Успехи физиол. наук. – 1989. – Т. 20, № 3. – С. 83–103.
17. Чуян Е.Н. Нейроиммуноэндокринные механизмы адаптации к действию низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты: автореф. дисс. ... доктора биол. наук: 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Е.Н. Чуян – Симферополь, 2004. – 417 с.
18. Костюк А.С. Изменение инфрадианной ритмики болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* при электромагнитном экранировании / А.С. Костюк, Н.А. Темурьянц // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 4. – С. 87–94.
19. Ghata J. Rythmes circadiens désynchronisés du cycle social (17-hydroxycorticostéroïdes, température rectale, veille-sommeil) chez deux sujets adultes sains. / J. Ghata, F. Halberg, A. Reinberg, M. Siffre // Ann Endocrinol (Paris) – 1969 – Vol. 30(2) – P. 245–260.

20. Mills J.N. A reciprocal relationship between K<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup> excretion in the diurnal excretory rhythm in man. / J.N. Mills, S.W. Stanbury // Clin.Sci. – 1954. – Vol. 13. – P. 177–185.
21. Mills J.N. Human circadian rhythms / J.N. Mills // Physiol Rev. – 1966 – Vol. 46(1). – P. 128–171.
22. Лицов А.Н. Экспериментальное изучение суточной периодики физиологических функций и работоспособности человека при сдвинутом расписании сна и бодрствования / А.Н. Лицов // Косм,биология и авиакосм, медицина. – 1968. – №4. – С. 59.
23. Aschoff J. Desynchronization and resynchronization of human circadian rhythms. / J. Aschoff // Aerosp Med. – 1969. – Vol. 40(8). – P. 844–849.
24. Wever R. Einfluss schwacher elektro-magnetischer felder auf die circadiane periodizität des menschen / R. Wever // Naturwissenschaften – 1968. – Vol. 55. – P. 29–32.

**Ярмолюк Н.С. Инфрадіанна ритміка швидкості руху регенеруючих і нерегенеруючих планарій *Dugesia tigrina* в умовах слабого електромагнітного екранування / Н.С. Ярмолюк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 230-238.**

Показано, що електромагнітне екранування викликає зміни інфрадіанної ритміки швидкості руху нерегенеруючих і регенеруючих планарій, що виражається в зміні структури спектрів і амплітудно-фазових взаємин. Відзначено, що зміни інфрадіанної ритміки швидкості руху більш виражені у нерегенеруючих планарій, ніж у регенеруючих.

**Ключові слова:** швидкість руху, інфрадіанна ритміка, електромагнітне екранування, планарії.

**Yarmolyuk N.S. Infradian rhythmic speed and regenerating planarians *Dugesia tigrina* not regenerating in low electromagnetic shielding / N.S. Yarmolyuk // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 230-238.**

It is shown that the electromagnetic shielding causes changes infradian rhythm speed and regenerating planarians and not regenerating, resulting in a change in the structure of the spectr and amplitude-phase relationships. It is noted that changes infradian rhythm velocity is more pronounced in not regenerating planarians than regenerating.

**Keywords:** speed, infradian rhythm, electromagnetic shielding, planarians.

Поступила в редакцію 24.11.2012 г.

Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского  
Серия «Биология, химия». Том 25 (64). 2012. № 4. С. 239-247.

УДК 577.152.193+544.723.23

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ПОДЛОЖКИ НА МЕХАНИЗМ СОРБЦИИ ПЕРОКСИДАЗЫ РЕДЬКИ ЧЕРНОЙ

*Вяткина О.В.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: oksana\_yyatkina@list.ru*

В статье приведены результаты сорбционных исследований в системах бентонит–пероксидаза, силикагель–пероксидаза. Установлены количественные параметры сорбционных процессов и механизм связывания фермент–подложка. Показано каталитическое действие полученных материалов. **Ключевые слова:** пероксидаза, редька черная, сорбция, бентонит, силикагель.

### ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день ферменты составляют неотъемлемую часть современных промышленных технологий, широко применяются в аналитических и медицинских целях. Существенным ограничителем масштабного использования ферментов является высокая цена коммерческих препаратов, что обусловлено сложностью их извлечения из природного сырья и очистки.

Обычно извлечение ферментов осуществляется с помощью молекулярных сит. Этот процесс в ряде случаев долгий, малоэффективный и дорогой. Практически не используются методы концентрирования и извлечения ферментов из природных материалов с использованием неорганических сорбентов. Это связано с тем, что большинство известных неорганических сорбентов либо вообще не концентрируют ферменты, либо обладает по отношению к ферментам небольшой емкостью [1–3]. Однако исследования в данном направлении не являются на сегодняшний день исчерпывающими из-за большого разнообразия структур и как следствие вариабельности сорбционных свойств природных и синтетических минеральных сорбентов. Поэтому целью работы являлось изучение механизмов сорбции пероксидазы редьки черной на природном бентоните и на силикагелях, синтезированных в кислой среде.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлась пероксидаза корнеплодов редьки черной, экстрагированная фосфатным буфером (рН=6,8) из измельченного растительного сырья [4]. В качестве подложки для иммобилизации фермента были использованы силикагели, синтезированные из силикатного клея при взаимодействии с 6М и 3М соляной кислотой. Далее маркированные как (СГ-А и СГ-Б), и природный бентонит Асканит (Грузия). Количество активных кислотных и основных гидроксидов (адсорбционных центров) на поверхности подложек определяли методом потенциометрического титрования растворами NaOH и HCl. Иммобилизацию ферментного препарата, выделенного из корнеплода редьки черной, на подложках проводили методом сорбции. Сорбцию фермента изучали в статических условиях при температуре 25°C, рН=6,8. Объёмную концентрацию ферментного препарата варьировали от 5 до 50%, время эксперимента варьировали от 1/6 до 24 часов. Остаточные концентрации фермента контролировали фотоколориметрически при  $\lambda=400$  нм. После чего рассчитывали степень связывания фермента с твёрдой фазой N:

$$N (\%) = \frac{D_{нач} - D_{кон}}{D_{нач}} \cdot 100 \% ; \quad (1)$$

Где: N (%) – степень связывания фермента на подложке,

$D_{нач}$ ,  $D_{кон}$  – начальная и конечная оптические плотности.

Для изучения обратимости сорбции фермента фермента в водных системах брали навески высушенного силикагеля, модифицированного пероксидазой, и заливали их дистиллированной водой. Через сутки определяли концентрацию фермента в водной фазе. Для уточнения природы активных центров поверхности носителей и механизмов связывания фермента с ними использовали метод ИК-спектроскопии (ИКС).

Определение средней пероксидазной активности нативных и иммобилизованных ферментных препаратов проводили в системах 1–3 при рН=6,8,  $t=25^\circ\text{C}$ ,  $\tau=10$  мин.

Система (1):  $C(\text{H}_2\text{O}_2)= 0,02$  моль/л,  $C(\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2) = 0,0001-0,001$  моль/л, V (ферментного препарата)=5 мл.

Система (2):  $C(\text{H}_2\text{O}_2)= 0,02$  моль/л,  $C(\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2) = 0,0001-0,001$  моль/л, иммобилизованная на силикагеле пероксидаза  $m=1$  г.

Система (3):  $C(\text{H}_2\text{O}_2)= 0,02$  моль/л,  $C(\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2) = 0,0001 - 0,001$  моль/л, иммобилизованная на бентоните пероксидаза  $m=1$  г.

Активность определяли по начальной скорости реакции пероксидазного окисления гидрохинона ( $\tau=10$  мин). Изменение концентрации гидрохинона в исследуемых системах контролировали фотоколориметрическим методом по реакции с *o*-фенантролином в присутствии ионов  $\text{Fe}^{3+}$  [5]. За единицу активности принимали количество окисленного субстрата (мкмоль), катализированное 1 мл ферментного препарата в течение 1 мин.

Активность рассчитывали по формуле (2):

$$A (\text{активность}) = \frac{C(\text{гидрохинона}) \cdot V(\text{реакционной смеси, л})}{V(\text{фермента, мл}) \cdot t(\text{мин})} ; \quad (2)$$

$$1. \frac{\text{мкмоль(субстрата)}}{\text{мл(фермента) \cdot мин}} = 1 \text{ e. a.}$$

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оба полученных образца ксерогелей кремниевой кислоты имели белый цвет и были непрозрачны. Установлено, что с уменьшением концентрации растворов, соляной кислоты ксерогели получаются более хрупкими, что свидетельствует о различии их структуры. Результаты ИКС-исследования силикагеля (СГ-А) представлены на рис. 2 и в табл. 1.

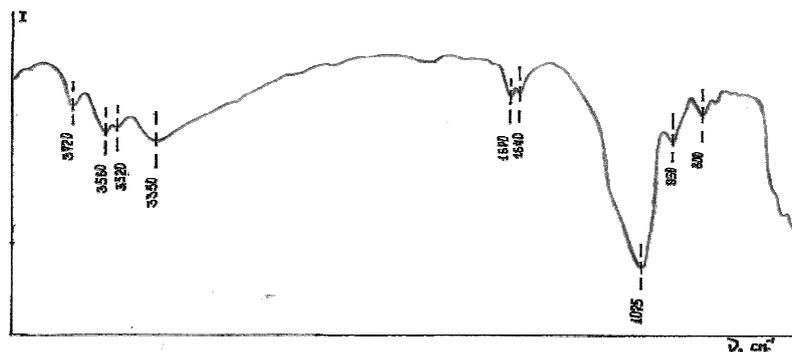


Рис. 2. ИК-спектр силикагеля СГ-А.

Таблица 1

Положение полос поглощения в ИК-спектре силикагеля и силикагеля с иммобилизованной пероксидазой [6–9]

| Частота колебаний (см <sup>-1</sup> ) |                        | Тип колебаний           | Атомная группа                       |
|---------------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| силикагель                            | силикагель+пероксидаза |                         |                                      |
| 3720                                  | 3720                   | v                       | -ОН-основная (Н-связанная)           |
| 3520                                  | —                      | v                       | -ОН-кислотная (Н-связанная)          |
| —                                     | 3560                   | v                       | H <sub>2</sub> O (хемосорбированная) |
| —                                     | 3350                   | v                       | H <sub>2</sub> O (адс)               |
| —                                     | 3280                   | v                       | N-H (амид А)                         |
| —                                     | 3067                   | δ                       | ≡N-H <sup>+</sup>                    |
| 1670-1640                             | —                      | δ                       | H <sub>2</sub> O (адс)               |
| —                                     | 1630                   | v                       | C=O (амид I)                         |
| —                                     | 1521                   | δ                       | N-H в плоскости (амид II)            |
| 1075                                  | 1080                   | v <sub>as</sub>         | Si-O-Si                              |
| 950                                   | 950                    | v                       | Si-OH                                |
| 800                                   | 800                    | обертон 2v <sub>s</sub> | Si-O                                 |

На ИК-спектре силикагеля СГ-А были идентифицированы полосы, отвечающие следующим видам колебаний поверхностных гидроксидов:  $3720\text{ см}^{-1}$  –  $\nu$ -колебания ОН-основная (Н-связанная),  $3520\text{ см}^{-1}$  –  $\nu$ -колебания Si-O-H –кислотная (Н-связанная). Наличие в спектре колебаний соответствующих основным гидроксидом закономерно, так как синтез силикагелей проводили при рН ниже изоэлектрической точки (ИЭТ), что сделало возможной перезарядку поверхности материала. Результаты определения количества активных силанольных групп и других сорбционных центров на поверхности ксерогелей представлены в табл. 2.

**Таблица 2**

**Количество активных ОН-групп и другие характеристики поверхности исследуемых ксерогелей**

|  | СГ-А                | СГ-Б       |
|--|---------------------|------------|
|  | n(-ОН), ммоль-экв/г |            |
| потенциометрическое титрование NaOH (0,1M) | 0,10±0,007          | 0,08±0,004 |
| потенциометрическое титрование HCl (0,1M)  | 0,06±0,002          | 0,10±0,001 |

Таким образом было установлено, что понижение величины рН при синтезе в области ниже ИЭТ силикагеля приводит к увеличению количества сорбционных центров, представленных кислотными гидроксидом и уменьшению количества основных гидроксидом поверхности.

Результаты, полученные при исследовании динамики процесса сорбции пероксидазы из фосфатно-буферных растворов с объёмной концентрацией пероксидазы 20% на силикагеле показали (рис. 3), что максимальная степень связывания фермента с подложкой наблюдается при времени контакта 2 часа и составляет 62%. Ранее было установлено, что в системе с бентонитом за 1,5 часа с поверхностью связывается 70% фермента.

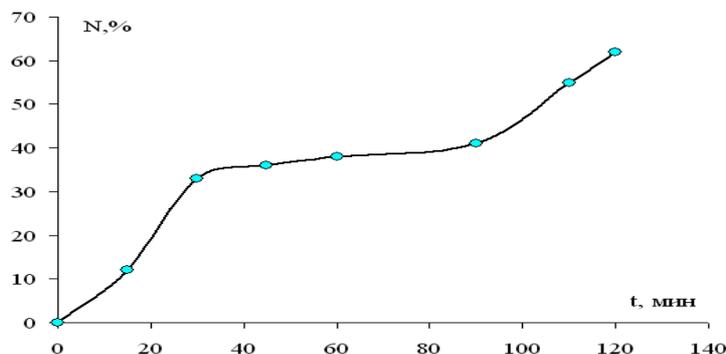


Рис. 3. Динамика сорбции пероксидазы на силикагеле из фосфатно-буферного раствора ( $C_{об}=20\%$ ,  $V=20$  мл,  $m(СГ-А)=0,5$ г)

Проводить сорбцию более 2 часов оказалось не целесообразно, так как в системе на свету образуются неактивные продукты взаимодействия компонентов фосфатно-буферных растворов между собой, с компонентами подложки и кислородом, о чём свидетельствует окрашивание раствора в бурый цвет.

При изучении сорбции пероксидазы на силикагеле основную проблему составляла трудность определения массовых концентраций фермента в фосфатно-буферных экстрактах. Его количество оценивали по поглощению растворов при  $\lambda=400$  нм, характерному для гем-содержащих белков. Поэтому для выявления характера сорбции строили графики, представленные на рис. 4.

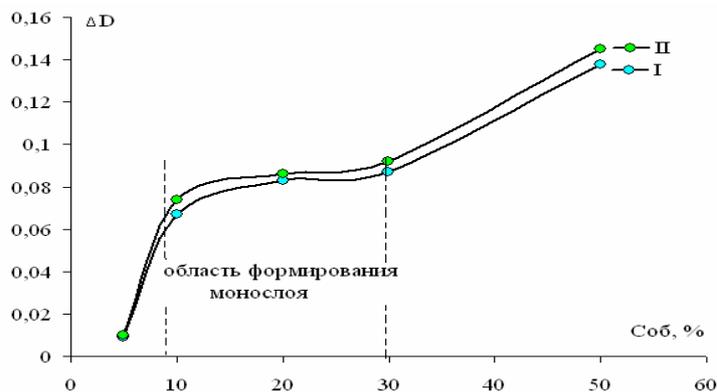


Рис. 4. Адсорбция пероксидазы редьки черной из фосфатно-буферных растворов на силикагеле: I – СГ-А; II – СГ-Б ( $\tau=120$  мин.)

Как видно из рисунка, изменение концентрации в растворах при контакте с различными силикагелями практически идентично не смотря на различное количество силанольных групп на них и пористости, что говорит именно об адсорбции молекул фермента. Горизонтальный ход полученных кривых в интервале концентраций 10–30%, указывает на формирование монослоя пероксидазы на поверхности силикагеля в данном концентрационном диапазоне.

Ранее было установлено отсутствие линейного участка, параллельного оси концентраций на изотермах сорбции пероксидазы на бентоните, что, очевидно, связано с сорбцией фермента в первичных и вторичных порах минерала, размер которых соизмерим с размером молекулы пероксидазы.

В результате при иммобилизации пероксидазы редьки черной на силикагеле (СГ-А) и бентоните методом сорбции нами были получены материалы, содержание фермента в 1 г которого соответствует его содержанию в 5 мл нативного ферментного препарата, которые использовали в дальнейших исследованиях.

После выдерживания полученных препаратов в дистиллированной воде в течение 24 часов в водной фазе системы с силикагелем был обнаружен фермент, причем его количество составило около 70% от адсорбированного, тогда как сорбция пероксидазы на бентоните в данных условиях оказалась полностью

необратимой. Указанные механизмы сорбции изучаемого фермента на подложках подтвердились данными ИК-спектроскопии (рис. 5).

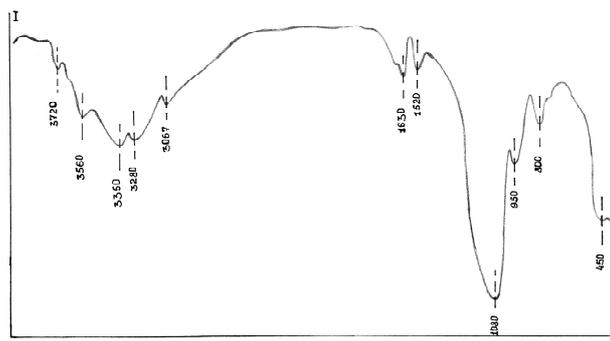


Рис. 5. ИК-спектр силикагеля (СГ-А), модифицированного пероксидазой.

Как видно из рис. 5 и таблицы 1, на ИК-спектре после адсорбции пероксидазы проявляются характерные для белков полосы амид I и амид II ( $1500\text{--}1700\text{ см}^{-1}$ ), а так же амид A ( $3280\text{ см}^{-1}$ ). Это позволяет заключить, что при адсорбции не происходит существенных изменений вторичной структуры белковой молекулы и, следовательно, ковалентное связывание фермента с функциональными группами поверхности отсутствует и возможна его десорбция в водную фазу. Однако при иммобилизации пероксидазы на силикагеле в ИК-спектре появляются изменения в области валентных колебаний связанных водородной связью кислотных и основных гидроксидов поверхности силикагеля (водородных связей ( $3400\text{--}3750\text{ см}^{-1}$ ) и адсорбционной воды ( $1670\text{--}1640\text{ см}^{-1}$ )). Так значительно уменьшается интенсивность полосы  $3720\text{ см}^{-1}$  и вовсе исчезает раздвоенная полоса  $1670\text{--}1640\text{ см}^{-1}$  ( $\delta\text{ H}_2\text{O}$  (адс)), что очевидно связано с образованием некоторого количества водородных связей белковой части фермента с поверхностью подложки, частично удерживающих пероксидазу от десорбции.

Данные, полученные с помощью ИК-спектроскопии бентонита, используемого в качестве подложки для иммобилизации пероксидазы и фермент – бентонитового комплекса представлены на рис. 6, 7 и в табл. 3.

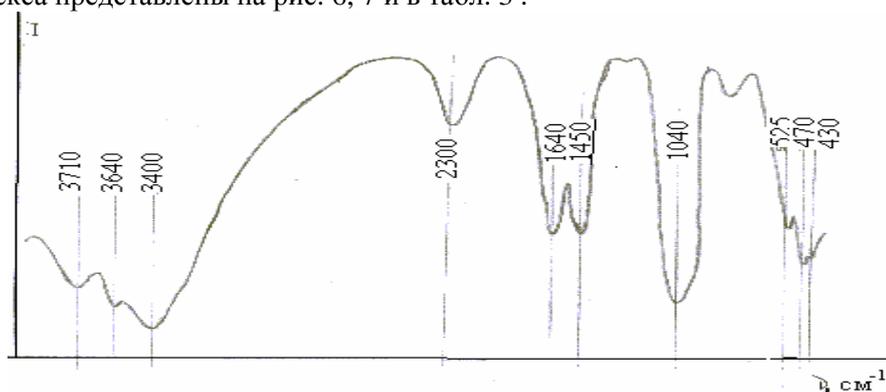


Рис. 6. ИК-спектр исследуемого бентонита.

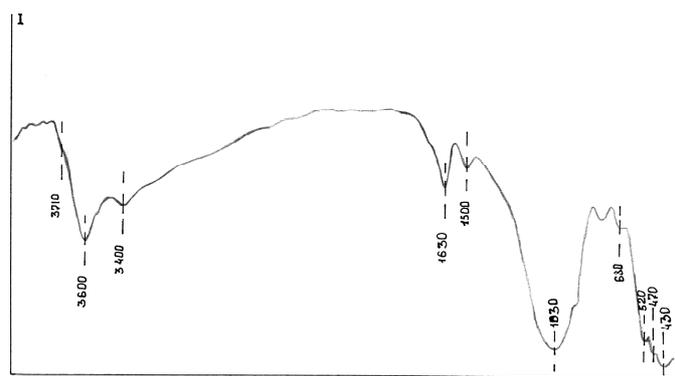


Рис. 7. ИК-спектр комплекса бентонит-пероксидаза.

Таблица 3

Положение полос поглощения в ИК-спектре бентонита [7, 9, 10]

| Частота колебаний (см <sup>-1</sup> ) |                      | Тип колебаний | Атомная группа              |
|---------------------------------------|----------------------|---------------|-----------------------------|
| Бентонит                              | Бентонит+пероксидаза |               |                             |
| 3710, 3640                            | 3600                 | v             | -ОН (структурн.)            |
| 3400                                  | 3400                 | v             | H <sub>2</sub> O (адсорбц.) |
| 2320                                  | —                    | v             | H <sub>2</sub> O            |
| 1640                                  | —                    | δ             | H <sub>2</sub> O            |
| —                                     | 1630                 | v             | C=O (амид I)                |
| —                                     | 1500                 | δ             | N-H в плоскости (амид II)   |
| 1450                                  | —                    | δ             | -ОН                         |
| 1040                                  | 1030                 | v             | Si-O- Si                    |
| —                                     | 680                  | δ             | O=C-N в плоскости (амид IV) |
| 525                                   | 520                  | δ             | смешанные Si-O-Al и Mg-O    |
| 470                                   | 470                  | δ             | Si-O                        |
| 430                                   | 430                  | v             | Fe(III)-O                   |

Присутствие в ИК-спектре бентонита, контактировавшего с раствором фермента, полос, характерных для колебаний амидных групп белков (1630 – (v)C=O (амид I), 1500 – (δ)N-H в плоскости (амид II), мы их на спектре обозначим 680 – (δ) O=C-N в плоскости (амид IV)) подтверждает сорбционное связывание пероксидазы на подложке. Сдвиг и уменьшение интенсивности полос поглощения Амид-I с 1640 до 1630 и Амид-II с 1520 в 1500 обычно обусловлен изменениями CN-конформации белковой молекулы. Этот факт наряду с отсутствием полос поглощения характерных для валентных колебаний групп C-N (амид A, B) – 3300-3100 см<sup>-1</sup> и значительными изменениями спектра в области валентных колебаний свободных гидроксидов поверхности бентонита и адсорбированной воды свидетельствуют об образовании прочных химических связей молекул пероксидазы с бентонитом и подтверждают необратимость сорбции иммобилизованной

пероксидазы в воде. Причем вероятнее всего связывание идет вследствие взаимодействия основных гидроксидов поверхности бентонита, удельное количество которых составляет  $0,43 \pm 0,007$  ммоль-экв/г, и на порядок превышает количество кислотных центров –  $0,04 \pm 0,001$  ммоль-экв/г и карбоксильных групп белковой части фермента. Аналогичный тип связывания ранее был доказан в системе бентонит–желатин [11].

Результаты определения каталитической активности пероксидазы в системах 1–3 показали, что активность нативной пероксидазы относительно гидрохинона в системе 1 составляет  $0,1 \pm 0,01$  е.а., а в системах с иммобилизованной на силикагеле пероксидазой (система 2) средняя ферментативная активность по отношению к гидрохинону увеличивается в 2 раза, а в системе с комплексом бентонит–пероксидаза (система 3) в 7 раз. Таким образом установили, что исследуемый фермент катализирует пероксидазное окисление гидрохинона как в нативной, так и в иммобилизованной на форме.

### ВЫВОДЫ

1. Установлено, что понижение величины рН синтеза в области ниже ИЭТ силикагеля приводит к росту степени развитости поверхности, при этом количество сорбционных центров, представленных кислотных гидроксидов увеличивает, а основных падает.
2. Доказано, что сорбция пероксидазы редьки черной на бентоните необратима при  $t=25$  °С и нейтральном значении рН, а сорбция пероксидазы на силикагеле обратима на 70%.
3. Установлена оптимальная длительность сорбции пероксидазы редьки черной из 20% по объему водных растворов экстрактов фермента при  $t=25$ °С. На бентоните  $\tau_{\text{опт}}=1,5$  часа, при этом степень связывания фермента – 70 об.%, а на силикагеле  $\tau_{\text{опт}}=2$  часа, максимальная степень связывания фермента с подложкой составляет 62%.
4. Выявлено, что иммобилизация пероксидазы редьки черной на бентоните и силикагеле увеличивает ее активность в реакции окисления гидрохинона.

### Список литературы

1. Пат. №:2353652., РФ, МПК С12N9/02 Способ получения фермента пероксидазы из корней хрена / Д. В. Бочков (РФ), Т. Г. Толстикова (РФ), А. О. Брызгалов (РФ), М. В. Хвостов (РФ). – №2007135916/13; Заявлено 27.09.2007.; Оpubл. 27.04.2009.
2. Пат. №: 2130070. РФ, МПК С12N9/08 Способ получения пероксидазы / А.А. Гусев (РФ), В.Д. Борзионов (РФ), А.С. Красоткина (РФ). – №97119125/13; Заявлено 24.11.1997.; Оpubл. 10.05.1999.
3. Пат. №: 2388819. РФ, МПК С12N9/08 Способ получения пероксидазы хрена / В.И. Суровцев (РФ), В.М. Борзенков (РФ), К.В. Детушев (РФ). – №2008125459/13; Заявлено 27.12.2009.; Оpubл. 10.05.2010.
4. Селибер Г.Л. Большой практикум по микробиологии / Г.Л. Селибер. – М.: Мир, 1962. – 492 с.
5. Лурье Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбников. – М.: Химия, 1974. – 395 с.
6. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений / К. Накамото; пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 536 с.
7. Волькенштейн М.В. Молекулярная биофизика / М.В. Волькенштейн. – М.: Наука, 1975. – 616 с.

8. Чукин Г.Д. Химия поверхности и строение дисперсного кремнезёма / Г.Д. Чукин. – М.: Типография Паладин, ООО «Принта», 2008. – 172 с.
9. Шкутина И.В., Стоянова О.Ф., Селеменов В.Ф. ИК спектроскопия для исследования комплекса инулаза – носитель / И.В.Шкутина, О.Ф.Стоянова, В.Ф. Селеменов // Вестник ВГУ. – 2004. – № 1. – С. 110–113.
10. Болдырев А.И. Инфракрасные спектры минералов / А.И. Болдырев. – М.: Недра, 1976. – 199 с.
11. Ботнарь О.С., Вяткина О.В., Толстенко Д.П. Изучение сорбционных взаимодействий в системе бентонит–желатин–галлотанин–H<sub>2</sub>O / О.С. Ботнарь, О.В. Вяткина, Д.П. Толстенко // Дев'ята Всеукраїнська конференція студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії»:тези допов. – К., 2008. – С. 108.

**Вяткіна О.В. Вплив природи підкладки на механізм сорбції пероксидази чорної редьки / О.В. Вяткіна** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 239-247.

У статті наведені результати сорбційних досліджень в системах бентоніт–пероксидаза та силікагель–пероксидаза. Встановлені кількісні параметри сорбційних процесів і механізм зв'язування фермент–підкладка. Показана каталітична дія отриманих матеріалів, щодо гідрохінону.

**Ключові слова:** пероксидаза, чорна редька, сорбція, бентоніт, силікагель.

**Vyatkina O.V. Effect of the nature of the substrate on the sorption mechanism peroxidase radish black / O.V. Vyatkina** // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 239-247.

The article presents the results of sorption studies in bentonite–peroxidase, silicagel–peroxidase systems. The quantitative parameters of the sorption processes and the mechanism of linkage enzyme-substrate are established. It is shown catalytic activity on of the received materials related hydroquinone.

**Keywords:** peroxidase, radish black, sorption, bentonite, silicagel.

*Поступила в редакцію 18.11.2012 г.*

**УДК 661.183.124**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АДСОРБЦИИ ИОНОВ $Fe^{3+}$ НА БЕНТОНИТАХ**

*Крымова В.В., Щербин Э.А.*

*Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: 777milena@mail.ru*

Процесс адсорбции ионов  $Fe^{3+}$  из растворов исследован на природных сорбентах – бентонитах. Получены и исследованы химически модифицированные формы бентонита. Установлено, что модифицирование бентонита триэтаноломином значительно улучшает его сорбционные характеристики.

**Ключевые слова:** адсорбция, бентонит, триэтанолламин.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема обеспечения населения доброкачественной водой становится все более актуальной. Железо является обязательной составной частью природной подземной воды, поскольку входит в состав различных почв и пород, соприкасающихся с водой. В воде растворимые соединения двухвалентного железа под действием кислорода воздуха переходят в соединения трёхвалентного железа, образуя нерастворимый гидроксид железа(III).

В настоящее время не существует универсального, экономически оправданного метода очистки воды. Сорбционный метод с использованием как природных, так и синтетических сорбентов широко используется для очистки природных и производственных сточных вод от катионов различных металлов [1]. Этот метод позволяет снижать содержание в воде загрязнений органического и неорганического происхождения до любой остаточной концентрации. При очистке воды от ионов тяжелых металлов практическая задача заключается в подборе местных природных материалов, оптимально сочетающих экономическую рентабельность и эффективную очистку.

В последние годы большой интерес вызывает использование в процессах очистки воды сорбентов природного происхождения, свойства которых могут быть улучшены путем модифицирования [2]. Бентониты перспективны для использования в качестве сорбентов металлов из разбавленных техногенных растворов, так как отвечают требованиям достаточной сорбционной ёмкости, простоты использования, широкой распространённости и низкой стоимости. В данной работе исследовали сорбционную способность по отношению к катионам железа (III) природных бентонитов Крымского месторождения, а также их химически модифицированных форм.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основными объектами исследований были бентонит Крымского месторождения (Бахчисарайский район, АР Крым) и его модифицированные формы. Адсорбцию исследовали с использованием модельных растворов, содержащих ионы  $Fe^{3+}$ .

Бентонит Крымского месторождения (бентонит КМ) входит в группу монтмориллонита, химический состав которого приблизительно отвечает формуле:  $(Na, Ca)_{0,33} (Al, Mg)_2 SiO_4 (OH)_2 \cdot nH_2O$ .

Минеральный состав бентонита данного месторождения следующий: монтмориллонит 80–85%, каолинит 10–15%, примеси (слюды, карбонаты, кварц, гидроксиды) 5–10%. Усредненные данные о компонентном составе бентонитов представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Химический состав крымского бентонита

| КОМПОНЕНТ      | СОДЕРЖАНИЕ, % |
|----------------|---------------|
| $SiO_2$        | 49,5–51,0     |
| $Al_2O_3$      | 15,2–16,3     |
| MGO            | 3,8–4,0       |
| $Fe_2O_3$      | 1,5–2,8       |
| CAO            | 2,0–3,2       |
| $Na_2O + K_2O$ | 0,3–0,5       |
| $H_2O$         | 21,3–24,0     |
| $CO_2$         | 0,3–0,6       |

Исследуемые природные сорбенты предварительно измельчали и прокаливали при  $T=100^\circ C$ .

Модифицированные формы бентонита КМ получали самопроизвольной пропиткой бентонитов: а) 1 н. раствором HCl, б) 5% спиртовым раствором триэаноламина  $(OHCH_2CH_2)_3N$ , (ТЭА, 2,2',2"-нитрилтриэтанол, трис-(2-оксиэтил)амин). После пропитки модифицированные образцы высушивали на воздухе [3, 4].

Для приготовления растворов с различными концентрациями использовали соль железа(III)  $(FeCl_3 \cdot 6H_2O)$  марки ХЧ. Методом разбавления растворов хлорида железа(III) были приготовлены модельные растворы с различной концентрацией катионов  $Fe^{3+}$ . Определение концентрации ионов  $Fe^{3+}$  осуществляли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре КФ-77 в интервале концентраций 0–0,2 мг/мл [5]. Количественное определение ионов железа(III) в растворах, содержащих от 0,2 до 1,0 мг/мл осуществляли методом

комплексометрического титрования с использованием 0,01 М раствор комплексона (Ш) (ЭДТА) [6].

Концентрацию ионов  $Fe^{3+}$  в растворе рассчитывали по формуле:

$$C_{Fe^{3+}} = \frac{C_{ЭДТА} V_{ЭДТА}}{V_{Fe}} \quad (1)$$

где:  $C_{Fe^{3+}}$  – концентрация ионов  $Fe^{3+}$ , моль/л;  
 $C_{ЭДТА}$  – концентрация ионов ЭДТА, моль/л;  
 $V_{Fe^{3+}}$  – объем аликвоты раствора  $Fe^{3+}$ , мл;  
 $V_{ЭДТА}$  – объем аликвоты раствора ЭДТА, мл.

Адсорбцию ионов  $Fe^{3+}$  из растворов проводили в статическом режиме при комнатной температуре.

Метод изучения адсорбции из растворов сводится к определению концентрации исходного раствора, встряхиванию навески адсорбента с раствором в течение времени, требуемого для установления адсорбционного равновесия, и определению концентрации вещества, оставшегося неадсорбированным. Для этого брали 1 г адсорбента и добавляли по 50 мл раствора железа определенной концентрации. Растворы оставляли до 3 суток для установления равновесия при данной температуре. В течение этого времени между раствором и сорбентом происходили процессы обмена и сорбция ионов железа на сорбентах. По истечении 3, 6 часов, 1, 2, 3 суток определяли равновесную концентрацию железа в растворах по указанным методикам.

Величину адсорбции ( $A$ ) рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{(C_0 - C_{равн.})}{m} \cdot V \quad (\text{мг/г}), \quad (2)$$

где:  $C_0$  – исходная концентрация ионов  $Fe^{3+}$ , мг/мл;  
 $C_{равн.}$  – равновесная концентрация ионов  $Fe^{3+}$ , мг/мл;  
 $m$  – количество адсорбента, г;  
 $V$  – начальный объем, мл.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные сведения о сорбционных свойствах бентонита КМ и характере сорбции могут быть получены из изотерм сорбции. На рис. 1 приведены изотермы адсорбции ионов  $Fe^{3+}$  на бентоните КМ в зависимости от концентрации исходных растворов и от времени сорбции. Анализ полученных изотерм показывает, что при контакте бентонита КМ с растворами более 1 суток изотермы приобретают классическую форму, соответствующую ионообменному характеру сорбции. По результатам эксперимента видно, что величина адсорбции ионов  $Fe^{3+}$  достигает максимального значения на бентоните КМ через 2–3 суток.

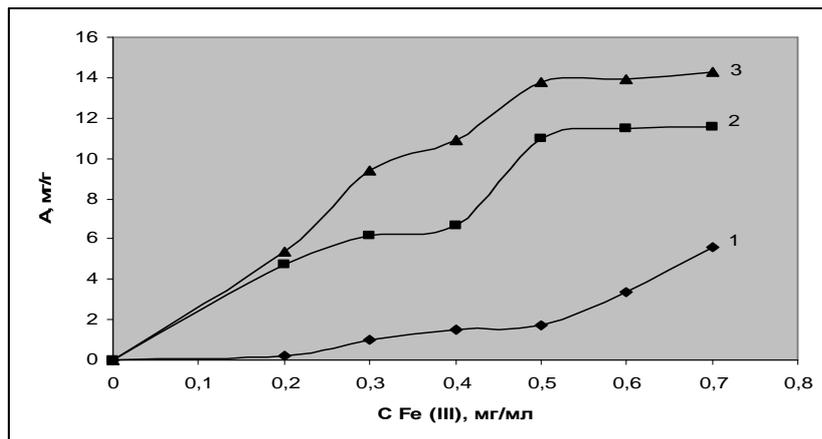
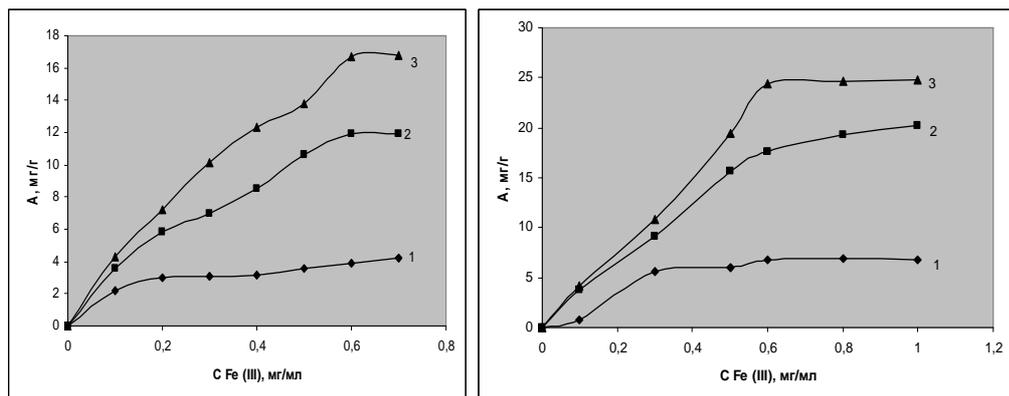


Рис. 1 Изотермы адсорбции ионов  $Fe^{3+}$  из водных растворов в зависимости от исходной концентрации растворов и времени адсорбции на бентоните КМ: 1 – 2 часа; 2 – 24 часа; 3 – 48 часов.

Представляло интерес исследовать процессы адсорбции ионов  $Fe^{3+}$  на образце бентонита КМ, обработанном 1 н. раствором  $HCl$  и образце, модифицированном 5% спиртовым раствором триэаноламина (ТЭА). При этом адсорбция проводилась из модельных растворов  $Fe^{3+}$  в интервале концентраций 0–1,0 мг/мл. Полученные изотермы адсорбции в зависимости от концентрации ионов  $Fe^{3+}$  и времени сорбции представлены на рис. 2. Анализ изотерм показывает, что на бентоните, обработанном  $HCl$ , адсорбция достигает максимального значения ( $A_{\infty}$ ) через 3 суток и составляет 17 мг/г, на образце, модифицированном ТЭА,  $A_{\infty}$  равна 25 мг/г через 2 суток.

Из литературы [7] известно, что повышение адсорбционных свойств сорбентов после кислотной обработки обусловлено максимальным воздействием на структуру минерала, вымыванием поверхностных щелочных и щелочноземельных катионов металлов, увеличением пористости и обменной емкости.

Этаноламины используются как малотоксичные недорогие модификаторы. Комплексообразующая способность ТЭА обусловлена наличием в молекуле спиртовых групп и аминогруппы. Следовательно, сорбция ионов  $Fe^{3+}$  из растворов, модифицированных ТЭА бентонитами, происходит посредством образования комплексов железа(III) с триэаноламином.



а) 1 – 1 сутки; 2 – 2 суток; 3 – 3 суток    б) 1 – 2 часа; 2 – 1 сутки; 3 – 2 суток

Рис. 2. Изотермы адсорбции ионов  $\text{Fe}^{3+}$  из водных растворов в зависимости от исходной концентрации растворов и времени адсорбции на модифицированных сорбентах:

- а) бентонит, модифицированный HCl;
- б) бентонит, модифицированный ТЭА.

По литературным данным известно, что этаноламины образуют достаточно прочные комплексы с ионами меди, цинка, никеля, железа по сравнению с ионами щелочных и щелочноземельных металлов. Таким образом, значительное улучшение сорбционных и кинетических свойств бентонита КМ определяется способом модифицирования и природой вещества-модификатора.

Анализ изотерм адсорбции, приведенных на рис. 1, 2, позволяет определить несколько важных количественных характеристик сорбента и процесса сорбции: сорбционную емкость (СЕ), коэффициент распределения (D) ионов и степень извлечения ( $\gamma$ ). Коэффициент распределения (D) является наиболее корректной характеристикой процесса сорбции, позволяющий сравнивать между собой различные сорбенты. Результаты определения этих величин приведены в табл. 2.

Из табл. 2 и рис. 1, 2 видно, что с увеличением концентрации  $\text{Fe}^{3+}$  в растворах сорбционная емкость увеличивается и достигает постоянного значения. Причем СЕ бентонита, модифицированного ТЭА, в 2 раза превышает СЕ немодифицированного бентонита. Как видно из табл. 2 коэффициент распределения (D) имеет наибольшие значения для бентонита, модифицированного ТЭА. Степень извлечения ( $\gamma$ ) (табл. 2) имеет максимальные значения при небольших концентрациях ионов  $\text{Fe}^{3+}$  в растворах и уменьшается с увеличением концентрации. Однако для модифицированного ТЭА бентонита степень извлечения на 20–30% выше, чем у немодифицированного образца.

**Таблица 2**

**Физико-химические характеристики процессов адсорбции ионов  $Fe^{3+}$  на бентоните КМ и его модифицированных формах**

| Сорбент                              | C $Fe^{3+}$<br>мг/мл | Время<br>установления<br>равновесия, час | СЕ<br>мг/г | lg D | $\gamma$ , % |
|--------------------------------------|----------------------|--|------------|------|--------------|
| Бентонит КМ                          | 0,2                  | 72                                       | 5,8        | 1,84 | 58,0         |
|                                      | 0,3                  |  | 9,4        | 1,92 | 62,7         |
|                                      | 0,4                  |  | 11,3       | 1,80 | 56,3         |
|                                      | 0,5                  |  | 13,8       | 1,79 | 55,2         |
|                                      | 0,6                  |  | 13,9       | 1,64 | 46,3         |
|                                      | 0,7                  |  | 14,5       | 1,55 | 41,4         |
| Бентонит,<br>модифицированный<br>НСI | 0,1                  | 72                                       | 4,3        | 2,48 | 86,0         |
|                                      | 0,2                  |  | 7,2        | 2,11 | 72,0         |
|                                      | 0,3                  |  | 10,1       | 2,04 | 67,3         |
|                                      | 0,4                  |  | 12,3       | 1,90 | 61,5         |
|                                      | 0,5                  |  | 13,8       | 1,79 | 55,2         |
|                                      | 0,6                  |  | 16,7       | 1,80 | 55,7         |
| Бентонит,<br>модифицированный<br>ТЭА | 0,1                  | 48                                       | 3,8        | 2,40 | 98,0         |
|                                      | 0,3                  |  | 12,9       | 2,48 | 86,0         |
|                                      | 0,5                  |  | 20,1       | 2,42 | 84,0         |
|                                      | 0,6                  |  | 24,7       | 2,36 | 82,0         |
|                                      | 0,8                  |  | 26,7       | 2,00 | 66,8         |
|                                      | 1                    |  | 27,6       | 1,79 | 55,2         |

Таким образом, результаты работы показывают, что природный бентонит КМ может быть использован для очистки воды от ионов  $Fe^{3+}$ . Улучшение сорбционных свойств бентонитов достигается способом модифицирования. Модифицирование бентонита КМ комплексообразующим веществом ТЭА значительно улучшает его сорбционные характеристики.

### ВЫВОДЫ

1. Изучены процессы сорбции ионов железа(III) из водных растворов на природном сорбенте: бентоните КМ (бентонит крымского месторождения).
2. Получены химически модифицированные формы бентонита КМ и исследованы их физико-химические свойства в процессах сорбции ионов железа(III).
3. Определены физико-химические параметры процессов сорбции ионов железа(III): время установления равновесия, величины сорбционной ёмкости (СЕ), коэффициент распределения (D) и степень извлечения на всех сорбентах.

4. Установлено, что модифицирование бентонита КМ триэтаноломином, намного улучшает его сорбционные характеристики по сравнению с немодифицированными бентонитами.

#### Список литературы

1. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды / Тарасевич Ю.И. – Киев: Наука, 1981. – 286 с.
2. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды / Смирнов А.Д. – Л.: Химия, 1982 – 168 с.
3. Финевич В.П. Композиционные наноматериалы на основе кислотно-активированных монтмориллонитов / В.П. Финевич, Н.А. Аллерт, Т.Р. Карпова [и др.] // Российский химический журнал. – 2007. – № 4. – С. 69–76.
4. Тарасевич Ю.И. Использование природных дисперсных минералов в процессах предметбранной очистки воды / Ю.И. Тарасевич // Химия и технология воды. – 1991. – Т. 13, № 7. – С. 632–640
5. Марченко З. Фотометрическое определение элементов / Марченко З. – М.: Мир, 1971. – 502 с.
6. Золотов Ю.А. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа / Ю.А. Золотов // М.: КОМКНИГА, 2006. – С. 416–418.
7. Марченкова Т.Г. Исследование свойств и структуры природных цеолитов, модифицированных тиокарбамидом и моноэтаноломином / Т.Г. Марченкова, И.В. Кунилова, И.В. Зверев // Материалы 11 Международной научной конференции «Научные основы и процессы переработки руд и техногенного сырья» – г. Екатеринбург. – 2006. – С. 225–227.

**Крымова В.В. Дослідження процесів адсорбції іонів  $Fe^{3+}$  на бентоніту / В.В. Крымова, Е.А. Щербін // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 248-254.**

Процес адсорбції іонів  $Fe^{3+}$  з розчинів досліджений на природних сорбентах - бентонітах. Отримано і досліджено хімічно модифіковані форми бентоніту. Встановлено, що модифікування бентоніту триетаноломіном значно покращує його сорбційні характеристики.

**Ключові слова:** адсорбція, бентоніт, триетаноламін.

**Krymova V.V. The study of adsorption of ions  $Fe^{3+}$  on bentonites / V.V. Krymova, E.A. Shherbin // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 248-254.**

Adsorption of ions  $Fe^{3+}$  from solution tested for natural sorbents - bentonite. Obtained and investigated chemically modified forms of bentonite. Found that the modification of bentonite by triethanolamine greatly improves its sorption characteristics.

**Keywords:** adsorption, bentonite, triethanolamine.

*Поступила в редакцію 29.11.2012 г*

УДК 548.736+546.64+54.057

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ  
СТРУКТУРЫ КООРДИНАЦИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ НИТРАТА  
ЛАНТАНА(III) С 4,4,10,10-ТЕТРАМЕТИЛ-1,3,7,9-  
ТЕТРААЗОСПИРО[5.5]УНДЕКАН-2,8-ДИОНОМ**

*Нетреба Е.Е., Федоренко А.М.*

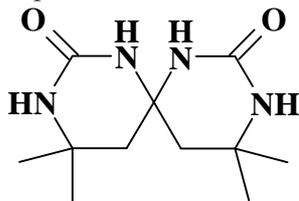
*Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: evgtuu@gmail.com*

Впервые синтезирован centrosymmetric биядерный комплекс лантана  $[\text{La}(\text{NO}_3)_3(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)(\text{H}_2\text{O})_2]_2$  (I) определена его структура. Кристаллы (I) моноклинные: пр. гр.  $P2_1/n$ ,  $a = 14,2401(2)$ ,  $b = 7,38458(11)$ ,  $c = 21,0218(4)$  Å,  $\beta = 101,9570(15)^\circ$ ,  $V = 2162,64(6)$  Å<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{выч}} = 1,89$  г/см<sup>3</sup>,  $Z = 2$ . Атом лантана координирован двумя атомами кислорода двух молекул лигандов связанных операцией симметрии  $[1-x, -y, 1-z]$ , тремя бидентатными нитрат-анионами и двумя молекулами воды. Координационное число лантана равно 10, координационный полиэдр представляет собой неправильный десятиугольник. Расстояние La...La в комплексе составляет 9,54 Å.  
**Ключевые слова:** лантан(III), спирокарбон, биядерный комплекс, структура, PCA.

## ВВЕДЕНИЕ

Интерес к синтезу и исследованиям бициклических производных карбамида, объясняется их повышенной биологической активностью. Многие из них нашли широкое своё применение в медицине (транквилизаторы), животноводстве (кормовые добавки), растениеводстве (пестициды) [1, 2].

Одно из таких производных – 4,4,10,10-тетраметил-1,3,7,9-тетра-азоспиро[5.5]ундекан-2,8-дион или спирокарбон (Sk):



Данное вещество – как предшественник мочевины обладает рядом ценных биологических свойств: низкий уровень токсичности,  $LD_{50} = 3000$  мг/кг массы белых мышей, мембранотропность [3], способность проходить и накапливаться в цитоплазме лейкозных клеток линий L1210 и СЕМ-T4 мыши и человека соответственно [4]. Также он способствует повышению количества белка и снижению крахмалистости в зерне овса [5]. В [6] доказана эффективность

применения спирокарбона как стимулятора каллюсообразования у Форзиции европейской и корнеобразования у Чубушника венечного. В работе [7] показана эффективность применения спирокарбона как стимулятора роста и развития в овцеводстве. Поэтому получение и изучения координационных соединений данного лиганда, как жесткого основания Льюиса, пояснит более полно химизм взаимодействия Sk с ионами металлов, и позволит выяснить дентатность лиганда в неводных средах.

Цель настоящей работы – получение координационного соединения нитрата лантана(III), как жесткой кислоты Льюиса, с молекулами спирокарбона и воды –  $[\text{La}(\text{NO}_3)_3(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)(\text{H}_2\text{O})_2]_2$  (I) и определение его структуры.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

**Синтез.** Для получения I использовали гексагидрат нитрата лантана(III)  $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  («х.ч.»), Sk, полученный по методике [8] и ацетон («осч.»). Для этого нитрат лантана растворяли в небольшом объеме ацетона, затем вносили небольшими порциями спирокарбон и 5–10 минут перемешивали на магнитной мешалке. Полученный раствор фильтровали, укупоривали и выдерживали несколько часов до формирования кристаллов. Выделившиеся кристаллы белого цвета отфильтровывали, промывали ацетоном и сушили на воздухе. Выход по лиганду ~ 61%.

**Элементный анализ** проведен на элементном анализаторе EA–3000 фирмы EuroVector (Италия).

Найдено, %: C 21,98; H 4,08; N 16,30.

Для  $[\text{La}(\text{NO}_3)_3(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)(\text{H}_2\text{O})_2]_2$

вычислено, % C 21,97; H 4,02; N 16,31.

**ИК спектры** лиганда и синтезированного I записывали в таблетках KBr на Фурье ИК–спектрофотометре SPECTRUM ONE (PerkinElmer) в области 400–4000  $\text{cm}^{-1}$ .

**РСА.** Экспериментальный материал для кристалла I получен на автоматическом четырехкружном дифрактометре «Xcalibur 3». Структура расшифрована прямым методом по комплексу программ SHELX–97 [9]. Положения атомов водорода рассчитаны геометрически и уточнены по модели наездника с  $U_{\text{изо}}=nU_{\text{экви}}$  несущего атома ( $n=1,5$  для воды и метильных групп,  $n=1,2$  для остальных атомов водорода). Структура уточнена полноматричным МНК в анизотропном приближении для неводородных атомов по  $F^2$ .

Основные характеристики эксперимента и параметры элементарной ячейки приведены в табл. 1. Координаты атомов и другие параметры структуры I депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 903388; deposit@ccdc.cam.ac.uk или [http://www.ccdc.cam.ac.uk/data\\_request/cif](http://www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif)).

Таблица 1  
Основные кристаллографические данные и характеристики эксперимента структуры I

| Параметры                               | Значения                       | Параметры  | Значения                     |
|---|--------------------------------|--|------------------------------|
| Эмпирическая формула                    | $C_{22}H_{48}N_{14}O_{26}La_2$ | $F(000)$   | 1200                         |
| M                                       | 1202,56                        | Размер кристалла, мм                                       | 0,10x0,16x0,24               |
| Температура съемки, К                   | 293(2)                         | Область углов $\theta$ , град                              | 2,92–32,52                   |
| Излучение ( $\lambda$ , Å)              | MoK $\alpha$ (0,71073)         | $2\theta_{max}$ , град.                                    | 65.04                        |
| Сингония                                | Моноклинная                    | Интервалы индексов отражений                               | $-21 \leq h \leq 21$         |
| Пр. гр.                                 | P2 <sub>1</sub> /n             |  | $-11 \leq k \leq 10$         |
| Параметры ячейки:                       |                                |  | $-30 \leq l \leq 31$         |
| $a$ , Å                                 | 14,2401(2)                     | Число измеренных рефлексов                                 | 45768                        |
| $b$ , Å                                 | 7,38458(11)                    | Число независимых рефлексов                                | 7374<br>(Rint = 0,0391)      |
| $c$ , Å                                 | 21,0218(4)                     | Число рефлексов с $I > 2\sigma(I)$                         | 5967                         |
| $\beta$ , град                          | 101,9570(15)                   | Число уточняемых переменных                                | 293                          |
| $V$ , Å <sup>3</sup>                    | 2162,64(6)                     | R-фактор ( $I > 2\sigma(I)$ )                              | R1 = 0,0254,<br>wR2 = 0,0455 |
| Z                                       | 2                              | R-фактор по всем отражениям                                | R1 = 0,0394,<br>wR2 = 0,0496 |
| $\rho$ (выч.), г/см <sup>3</sup>        | 1,847                          | GOOF по $F^2$  | 1,023                        |
| $\mu$ (MoK $\alpha$ ), мм <sup>-1</sup> | 2,053                          | $\Delta\rho_{max}$ и $\Delta\rho_{min}$ , eÅ <sup>-3</sup> | 0,429 и -0,421               |

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На ИК-спектрах соединения I и молекул Sk наблюдаются следующие полосы (рис. 1 и 2, табл. 2):

По [11] свободный нитрат-анион как плоский ион, относящийся к точечной группе  $D_{3h}$ , имеет четыре различных основные колебательные частоты: частоту симметричных валентных колебаний  $\nu_s(NO)$  с 1050 и до 1060 см<sup>-1</sup>, частоту несимметричных дважды вырожденных валентных колебаний  $\nu_e(NO)$  с 1350 и до 1400 см<sup>-1</sup> и две частоты деформационных колебаний  $\delta(NO_3^-)$  с 810 и до 840 и с 710 и до 730 см<sup>-1</sup>. В ИК-спектре обычно активны только три частоты:  $\nu_e(NO)$  и две  $\delta(NO_3^-)$  [12]. При координации нитрат-иона его симметрия может снижаться до  $C_s$  и  $C_{2v}$ , в результате в ИК-спектре появляется 6 интенсивных линий [14]: полностью симметричное колебание в областях 970–1040 см<sup>-1</sup>; валентное антисимметричное колебание расщепляющееся на две интенсивные линии в области 1550–1410 см<sup>-1</sup> и 1290–1250 см<sup>-1</sup>; неплоское колебание в области 830–800

$\text{cm}^{-1}$ ; плоское деформационное колебание, проявляющееся в виде двух полос при  $780\text{--}700\text{ cm}^{-1}$  и около  $680\text{ cm}^{-1}$ .

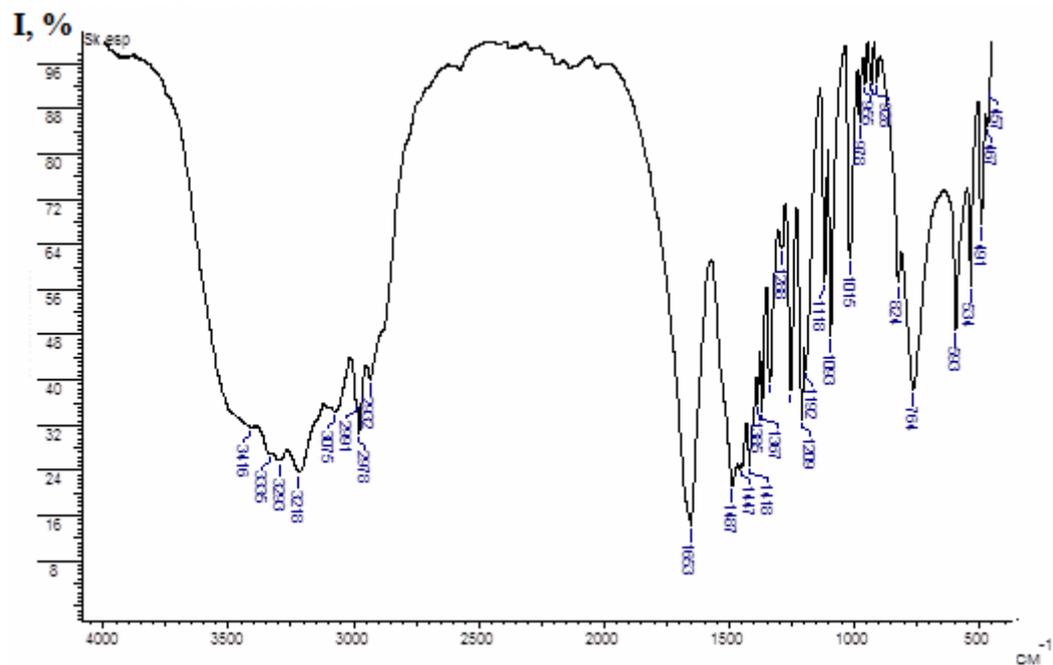


Рис. 1. ИК-спектр лиганда Sk (в таблетке KBr).

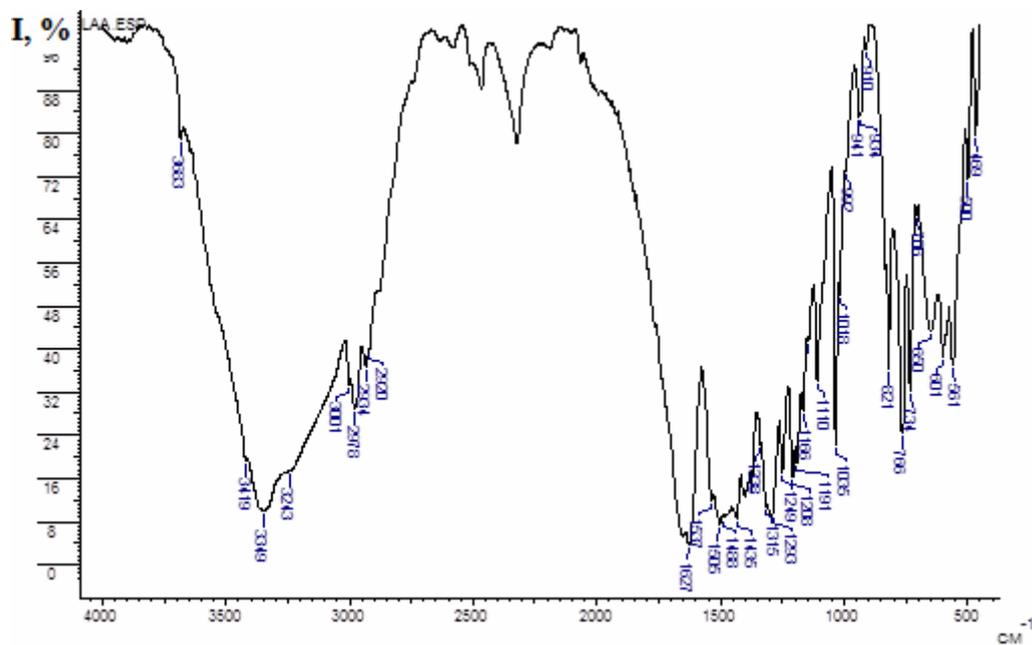


Рис. 2. ИК-спектр координационного соединения I (в таблетке KBr).

Таблица 2  
Результаты анализа ИК-спектров лиганда Sk и полученного соединения I

| Отнесение поглощения, см <sup>-1</sup>   | Sk                    | Отнесение поглощения, см <sup>-1</sup>   | I                       |
|--|-----------------------|--|-------------------------|
| $\nu_s(\text{HOH})$  | 3416                  | $\nu_s(\text{HOH})$  | 3683                    |
| $\nu_{s+\text{as}}(\text{NH})$   | 3335, 3293, 3218      | $\nu_{s+\text{as}}(\text{NH})$   | 3419, 3349, 3243        |
| $\nu_s(-\text{CH}_2-)$   | 3075                  | $\nu_s(-\text{CH}_2-)$   | 3001                    |
| $\nu_{\text{as}}(\text{Me})$   | 2991                  | $\nu_s(\text{Me})$   | 2978                    |
| $\nu_s(\text{Me})$   | 2978                  | $\nu_{\text{as}}(-\text{CH}_2-)$   | 2934                    |
| $\nu_{\text{as}}(-\text{CH}_2-)$   | 2932                  | $\nu(\text{C}=\text{O}, \text{амид I})$  | 1627                    |
| $\nu(\text{C}=\text{O}, \text{амид I})$  | 1653                  | $\delta(\text{HOH})$   | 1537 [10]               |
| $\delta(\text{NH})$  | 1487                  | $\nu_3(\text{E}^-, \text{NO}_3^-)$   | 1505 [11, 12, 14]       |
| $\delta_s(-\text{CH}_2-)$  | 1447                  | $\delta(\text{NH})$  | 1488                    |
| $\nu(\text{C-N})$  | 1418                  | $\delta_s(-\text{CH}_2-)$  | 1435                    |
| $\delta_s(\text{CMe}_2)$   | 1385, 1367, 1335      | $\nu_{\text{as}}(\text{N}=\text{O})$   | 1403 [11, 12, 14]       |
| $\nu(\text{CO}) + \nu(\text{NH}) + \delta(\text{NH})$ (амид-III)                                       | 1288                  | $\delta_s(\text{CMe}_2)$   | 1372, 1338              |
| $\omega(-\text{CH}_2-) + \tau(-\text{CH}_2-)$  | 1254                  | $\delta(-\text{CH}_2-)$  | 1315                    |
| $\delta(\text{C}_{\text{spiro}} + \text{C}_{\text{четврт.}})$  | 1209, 1192            | $\omega(-\text{CH}_2-) + \tau(-\text{CH}_2-) + \nu_3(\text{E}^-, \text{NO}_3^-)$                       | 1293, 1249 [11, 12, 14] |
| $\delta(\text{NH})$  | 1118                  | $\delta(\text{C}_{\text{spiro}} + \text{C}_{\text{четврт.}})$  | 1191, 1208              |
| $\delta(\text{колец})$   | 1093                  | $\delta_s(\text{CCH})$   | 1145, 1166 [13]         |
| $\delta(\text{NH})$  | 1015                  | $\delta(\text{NH})$  | 1110                    |
| $\gamma(\text{колец}) +$<br>внеплоскостные колебания $\delta(-\text{CH}-)$ колец + $\rho(\text{CH}_2)$ | 978,<br>955, 928, 908 | $\nu_1(\text{A}_1^-, \text{NO}_3^-)$   | 1035 [11, 12, 14]       |
| $\rho(\text{Me})$  | 824                   | $\delta(\text{NH})$  | 1018                    |
| $\omega(\text{NH})$  | 764                   | $\gamma(\text{колец}) +$<br>внеплоскостные колебания $\delta(-\text{CH}-)$ колец + $\rho(\text{CH}_2)$ | 910, 934, 941,<br>992   |
| $\delta(\text{амид III})$  | 593                   | $\rho(\text{CH}_3) + \delta(\text{NO}_3^-)$  | 821                     |
| $\pi(\text{C}=\text{O}, \text{выход из плоскости цикла})$  | 534                   | $\delta(\text{NO}_3^-)$  | 766 [11, 12, 14]        |
| $\delta(\text{C-N-C})$   | 491                   | $\omega(\text{NH}) + \omega(\text{La} \leftarrow \text{OH}_2)$   | 734 [11]                |
| $\delta_r(\text{скелетные колебания колец})$   | 467, 457              | $\delta(\text{NO}_3^-)$  | 706 [11, 12, 14]        |
|  |                       | $\rho(\text{La} \leftarrow \text{OH}_2)$   | 650 [11, 12]            |
|  |                       | $\delta(\text{амид III})$  | 601                     |
|  |                       | $\nu_{s+\text{as}}(\text{La} \leftarrow \text{O}=\text{C})$  | 561 [12]                |
|  |                       | $\delta(\text{C-N-C})$   | 500                     |
|  |                       | $\delta_r(\text{скелетные колебания колец})$   | 469                     |

По данным ИК-спектра I видно, что нитрат-ионы координированы во внутренней сфере (1505, 1249, 1035, 821, 766, 706 см<sup>-1</sup>) по бидентатно-хелатному типу и не находится за сферой координации в некоординированном состоянии, так как нет характеристических полос.

Также при сравнении валентных колебаний  $\nu(\text{C}=\text{O}, \text{амид I})$  происходит смещение на 26 см<sup>-1</sup> в дальнюю область из-за координирования, и смещение в ближнюю область  $\nu_s(\text{N-H})$ ,  $\nu_{\text{as}}(\text{N-H})$ , что характерно для аминогрупп при координированном карбониле мочевиного фрагмента [15]. На спектре присутствуют полосы поглощения  $\nu_s(\text{HOH})$  и  $\delta(\text{HOH})$  при 3683, 1537 и 650 см<sup>-1</sup>,

свидетельствующие о содержании координированной воды. И содержится набор полос координированного лиганда Sk.

Соединение **I** представляет собой centrosymmetric биядерный комплекс лантана с двумя органическими молекулами, нитрат-анионами и молекулами воды, который находится в кристалле в частном положении -  $[\text{La}(\text{NO}_3)_3(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)(\text{H}_2\text{O})_2]_2$ . В целом, строение комплекса аналогично исследованным ранее комплексам лантаноидов. Однако, координационное число металла, а отличие от исследованных ранее соединений, составляет 10. Ион лантана координирован двумя атомами кислорода двух молекул лиганда, связанных операцией симметрии  $[1-x, -y, 1-z]$ , тремя бидентантными нитрат-анионами и двумя молекулами воды. Координационный полиэдр представляет собой неправильный десятивершинник. Расстояние  $\text{La}\dots\text{La}$  в комплексе составляет 9,54 Å. (рис. 3, табл. 3, 4).

Шестичленные гетероциклы органических лигандов находятся в конформации, промежуточной между софой и твист-ванной. В цикле, содержащем атом N(1), фрагмент  $\text{N}-\text{C}-\text{N}-\text{C}(\text{Me}_2)$  практически плоский (торсионный угол  $-3,3(3)^\circ$ ), а атомы  $\text{C}_{\text{sp}^3\text{O}}$  и  $\text{C}(\text{H}_2)$  отклоняются в разные стороны относительно этой плоскости на 0,192(4) и  $-0,395(4)$  Å, соответственно. В цикле, содержащем атом N(3) атомы  $\text{C}(\text{Me}_2)$  и  $\text{C}(\text{H}_2)$  отклоняются на  $-0,289(4)$  Å и  $0,385(3)$  Å, соответственно, от плоскости фрагмента  $\text{C}_{\text{sp}^3\text{O}}-\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{N}$  (торсионный угол  $-9,6(3)^\circ$ ). При такой конформации циклов возникают укороченные внутримолекулярные контакты  $\text{H}(3)\dots\text{H}(3\text{b})$  2,26 Å и  $\text{H}(6\text{a})\dots\text{H}(9\text{a})$  2,23 Å (сумма ван-дер-ваальсовых радиусов 2,32 Å [16]).

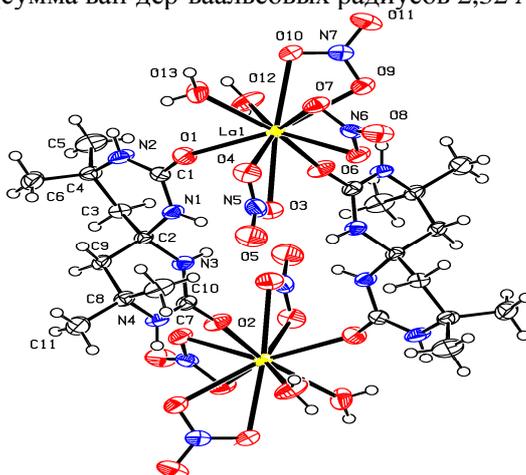


Рис. 3. Строение соединения **I** по данным рентгеноструктурного исследования.

Внутри комплекса обнаружена слабая межмолекулярная водородная связь  $\text{N}(1)-\text{H}(1)\dots\text{O}(3)$  ( $\text{H}\dots\text{O}$  2,51 Å,  $\text{N}-\text{H}\dots\text{O}$   $144^\circ$ ). Между собой комплексы связаны в слои параллельные плоскости  $(0\ 0\ 1)$  за счет межмолекулярных водородных связей  $\text{N}(2)-\text{H}(2)\dots\text{O}(11)^i$  [*i*:  $-x, -y, 1-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{O}$  2,35 Å,  $\text{N}-\text{H}\dots\text{O}$   $162^\circ$ );  $\text{N}(4)-\text{H}(4)\dots\text{O}(8)^{ii}$  [*ii*:  $1-x, 1-y, 1-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{O}$  2,23 Å,  $\text{N}-\text{H}\dots\text{O}$   $170^\circ$ );  $\text{O}(12)-\text{H}(12\text{a})\dots\text{O}(10)^i$  ( $\text{H}\dots\text{O}$  1,93 Å,  $\text{N}-\text{H}\dots\text{O}$   $174^\circ$ );  $\text{O}(12)-\text{H}(12\text{b})\dots\text{O}(4)^{iii}$  [*iii*:  $x, -1+y, z$ ] ( $\text{H}\dots\text{O}$  2,04 Å,  $\text{O}-\text{H}\dots\text{O}$   $167^\circ$ );  $\text{O}(13)-\text{H}(13\text{a})\dots\text{O}(7)^{iv}$  [*iv*:  $-x, 1-y, 1-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{O}$  1,91 Å,  $\text{O}-\text{H}\dots\text{O}$   $172^\circ$ ), (рис. 4).

Таблица 3

Длины связей (Å) в структуре I\*

| Связь                   | d, Å       | Связь      | d, Å     | Связь      | d, Å     |
|-------------------------|------------|------------|----------|------------|----------|
| La(1)–O(1)              | 2,4570(14) | O(2)–C(7)  | 1,254(2) | N(2)–C(4)  | 1,465(2) |
| La(1)–O(2) <sup>i</sup> | 2,3878(12) | O(3)–N(5)  | 1,252(2) | N(3)–C(2)  | 1,463(2) |
| La(1)–O(3)              | 2,7182(15) | O(4)–N(5)  | 1,273(2) | N(3)–C(7)  | 1,352(2) |
| La(1)–O(4)              | 2,6657(15) | O(5)–N(5)  | 1,223(2) | N(4)–C(7)  | 1,318(2) |
| La(1)–O(6)              | 2,6452(14) | O(6)–N(6)  | 1,257(2) | N(4)–C(8)  | 1,466(2) |
| La(1)–O(7)              | 2,6291(13) | O(7)–N(6)  | 1,272(2) | C(2)–C(3)  | 1,527(2) |
| La(1)–O(9)              | 2,6842(16) | O(8)–N(6)  | 1,220(2) | C(2)–C(9)  | 1,529(2) |
| La(1)–O(10)             | 2,6666(14) | O(9)–N(7)  | 1,250(2) | C(3)–C(4)  | 1,532(2) |
| La(1)–O(12)             | 2,5391(14) | O(10)–N(7) | 1,265(2) | C(4)–C(5)  | 1,521(3) |
| La(1)–O(13)             | 2,5450(14) | O(11)–N(7) | 1,222(2) | C(4)–C(6)  | 1,519(3) |
| La(1)–N(6)              | 3,0652(16) | N(1)–C(1)  | 1,339(2) | C(8)–C(9)  | 1,529(2) |
| O(1)–C(1)               | 1,255(2)   | N(1)–C(2)  | 1,466(2) | C(8)–C(10) | 1,528(3) |
| O(2)–La(1) <sup>i</sup> | 2,3878(12) | N(2)–C(1)  | 1,330(2) | C(8)–C(11) | 1,525(3) |

\*Операция симметрии: i: [1-x, -y, 1-z].

Таблица 4

Валентные углы (град.) в структуре I\*\*

| Угол                         | ω, град   | Угол            | ω, град   | Угол                       | ω, град    | Угол           | ω, град    |
|------------------------------|-----------|-----------------|-----------|----------------------------|------------|----------------|------------|
| O(1)La(1)O(3)                | 69,63(5)  | O(6)La(1)O(10)  | 101,33(5) | O(13)La(1)N(6)             | 98,85(5)   | N(2)C(1)N(1)   | 119,38(17) |
| O(1)La(1)O(4)                | 75,69(5)  | O(6)La(1)N(6)   | 24,02(4)  | C(1)O(1)La(1)              | 139,56(14) | N(1)C(2)C(3)   | 106,92(14) |
| O(1)La(1)O(6)                | 136,32(5) | O(7)La(1)O(3)   | 101,87(5) | C(7)O(2)La(1) <sup>i</sup> | 169,81(14) | N(1)C(2)C(9)   | 112,25(15) |
| O(1)La(1)O(7)                | 130,63(5) | O(7)La(1)O(4)   | 65,90(5)  | N(5)O(3)La(1)              | 97,05(12)  | N(3)C(2)N(1)   | 107,88(14) |
| O(1)La(1)O(9)                | 153,17(6) | O(7)La(1)O(6)   | 48,20(4)  | N(5)O(4)La(1)              | 99,01(11)  | N(3)C(2)C(3)   | 107,71(14) |
| O(1)La(1)O(10)               | 117,73(5) | O(7)La(1)O(9)   | 69,14(5)  | N(6)O(6)La(1)              | 97,06(10)  | N(3)C(2)C(9)   | 108,12(14) |
| O(1)La(1)O(12)               | 72,55(6)  | O(7)La(1)O(10)  | 67,07(5)  | N(6)O(7)La(1)              | 97,42(10)  | C(3)C(2)C(9)   | 113,73(15) |
| O(1)La(1)O(13)               | 64,53(5)  | O(7)La(1)N(6)   | 24,31(4)  | N(7)O(9)La(1)              | 97,95(12)  | C(2)C(3)C(4)   | 116,90(15) |
| O(1)La(1)N(6)                | 137,06(5) | O(9)La(1)O(3)   | 129,63(5) | N(7)O(10)La(1)             | 98,37(11)  | N(2)C(4)C(3)   | 108,12(15) |
| O(2) <sup>i</sup> La(1)O(1)  | 95,60(5)  | O(9)La(1)N(6)   | 69,03(5)  | C(1)N(1)C(2)               | 125,00(16) | N(2)C(4)C(5)   | 107,82(18) |
| O(2) <sup>i</sup> La(1)O(3)  | 68,24(5)  | O(10)La(1)O(3)  | 168,92(5) | C(1)N(2)C(4)               | 126,94(16) | N(2)C(4)C(6)   | 109,64(18) |
| O(2) <sup>i</sup> La(1)O(4)  | 113,96(5) | O(10)La(1)O(9)  | 47,13(4)  | C(7)N(3)C(2)               | 126,55(15) | C(5)C(4)C(3)   | 108,79(18) |
| O(2) <sup>i</sup> La(1)O(6)  | 82,17(5)  | O(10)La(1)N(6)  | 85,29(5)  | C(7)N(4)C(8)               | 124,11(15) | C(6)C(4)C(3)   | 113,42(16) |
| O(2) <sup>i</sup> La(1)O(7)  | 127,38(5) | O(12)La(1)O(3)  | 122,41(5) | O(3)N(5)O(4)               | 116,68(17) | C(6)C(4)C(5)   | 108,90(18) |
| O(2) <sup>i</sup> La(1)O(9)  | 78,87(5)  | O(12)La(1)O(4)  | 147,90(5) | O(5)N(5)O(3)               | 122,7(2)   | O(2)C(7)N(3)   | 119,43(17) |
| O(2) <sup>i</sup> La(1)O(10) | 117,21(5) | O(12)La(1)O(6)  | 144,93(5) | O(5)N(5)O(4)               | 120,6(2)   | O(2)C(7)N(4)   | 121,63(17) |
| O(2) <sup>i</sup> La(1)O(12) | 74,15(5)  | O(12)La(1)O(7)  | 135,70(5) | O(6)N(6)La(1)              | 58,92(9)   | N(4)C(7)N(3)   | 118,93(15) |
| O(2) <sup>i</sup> La(1)O(13) | 155,68(6) | O(12)La(1)O(9)  | 80,71(6)  | O(6)N(6)O(7)               | 116,73(15) | N(4)C(8)C(9)   | 106,39(14) |
| O(2) <sup>i</sup> La(1)N(6)  | 105,41(5) | O(12)La(1)O(10) | 68,63(5)  | O(7)N(6)La(1)              | 58,27(9)   | N(4)C(8)C(10)  | 109,54(15) |
| O(3)La(1)N(6)                | 83,88(4)  | O(12)La(1)O(13) | 85,98(6)  | O(8)N(6)La(1)              | 173,04(14) | N(4)C(8)C(11)  | 107,91(16) |
| O(4)La(1)O(3)                | 47,05(5)  | O(12)La(1)N(6)  | 148,97(5) | O(8)N(6)O(6)               | 121,92(17) | C(10)C(8)C(9)  | 113,46(16) |
| O(4)La(1)O(9)                | 130,67(5) | O(13)La(1)O(3)  | 113,48(6) | O(8)N(6)O(7)               | 121,35(17) | C(11)C(8)C(9)  | 109,61(16) |
| O(4)La(1)O(10)               | 124,60(5) | O(13)La(1)O(4)  | 76,21(6)  | O(9)N(7)O(10)              | 116,54(17) | C(11)C(8)C(10) | 109,74(17) |
| O(4)La(1)N(6)                | 61,64(5)  | O(13)La(1)O(6)  | 121,71(5) | O(11)N(7)O(9)              | 121,9(2)   | C(8)C(9)C(2)   | 114,93(15) |
| O(6)La(1)O(3)                | 69,16(5)  | O(13)La(1)O(7)  | 76,78(5)  | O(11)N(7)O(10)             | 121,56(18) |                |            |
| O(6)La(1)O(4)                | 65,94(5)  | O(13)La(1)O(9)  | 112,12(5) | O(1)C(1)N(1)               | 119,95(18) |                |            |
| O(6)La(1)O(9)                | 69,46(5)  | O(13)La(1)O(10) | 65,99(5)  | O(1)C(1)N(2)               | 120,66(17) |                |            |

\*\*Операции симметрии: i: [1-x, -y, 1-z].

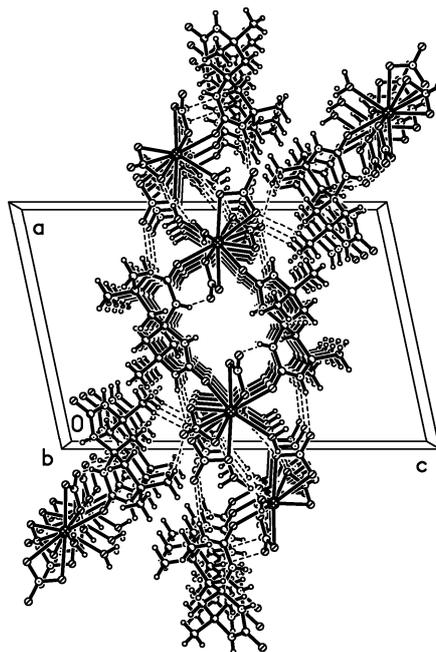


Рис. 4. Общий вид структуры вдоль направления [001].

#### ВЫВОДЫ

1. Впервые синтезирован центросимметричный биядерный комплекс нитрата лантана (III) с 4,4,10,10-тетраметил-1,3,7,9-тетраазоспиро[5.5]ундекан-2,8-дионом или спирокарбоном (Sk) с координационным числом 10.
2. Методом прямого рентгеноструктурного анализа определена его структура.
3. На основании ИКС и РСА можно сказать, что за счет особенностей строения спирокарбон имеет мостиковую функцию лиганда и склонен формировать биядерные комплексы, с координированием через С=О мочевиновых фрагментов.

#### Список литературы

1. Alam M. Biopharmaceutical studies of spirobisexahydropyrimidine / M. Alam, M. Ahmad, A. Rasheed, A. Ahmad // *Indian Journal of Experimental Biology*. – 1992. – Vol. 30. – P. 1181–1183.
2. Зимакова И.Е. Экспериментальное обоснование возможности применения в медицине нового биологически активного класса химических веществ – производных бициклических бисмочевин: Автореф. дис....д-ра фарм. наук. / Казан, гос. мед. ин-т. – 1978. – 46 с
3. Старикович Л.С. Дослідження впливу спірокарбону та похідних піролопіримідиндіонів на лейкозні клітини / Л.С. Старикович, М.А. Старикович, А.Н. Речицкий [и др.] // *Біологічні студії / studia biologica*. – 2009. – Т. 3, № 2. – С. 93–98.
4. Старикович Л.С. Исследование влияния спирокарбона на физико-химические и биохимические характеристики эритроцитов крыс в норме и при алкогольной интоксикации / Л.С. Старикович, Е.П. Дудок, Н.А. Сибирная [и др.] // *Медична хімія*. – 2009. – Т. 11, № 1. – С. 57–62.
5. Мусатов А.Г. Факторы оптимизации формирования продуктивности растений и качества зерна ярового ячменя и овса / А.Г. Мусатов, А.А. Семяшкина, Р.Ф. Дашевский // *Хранение и переработка зерна*. – 2007. – № 7. – С. 38–41.

6. Гуревич А.С. Применение стимуляторов корнеобразования для окоренения черенков декоративных древесных и кустарниковых пород / А.С. Гуревич, В.А. Титов, Э.В. Бабаева [и др.] // «Интродукция, акклиматизация и культивация растений»: Сб. науч. тр. Калининград: Изд-во Калинингр. ун-та, 1998. – С. 30–50.
7. Козичар М.В. Приемы повышения шерстяной продуктивности овец асканийской тонкорунной породы: Дис... канд. с.-х. наук: спец. 06.02.04 / М.В. Козичар. – Херсон, 1998. – 16 с.
8. Нетреба Е.Е. Синтез и исследование молекулярно-кристаллической структуры 4,4,10,10-тетраметил-1,3,7,9-тетраазоспиро[5.5]ундекан-2,8-диона (спирокарбона – Sk) / Е.Е. Нетреба, А.М. Федоренко, А.А. Павлов // Науч. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія). – 2011. – № 1(25). – С. 107-115.
9. Sheldrick G.M. Foundations of Crystallography / G.M. Sheldrick // Acta Crystallographica Section A. – 2008. – Vol. 64. – P. 112–122.
10. Введение в колебательную спектроскопию неорганических соединений / [А. И. Григорьев]. – Москва: Изд-во МГУ, 1977. – 40 с.
11. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений / [К. Накамото]. Москва: Изд-во Мир, 1966. – 217. – 224 с.
12. Аналитическая химия. Аналитика. Кн. 1. / [Ю. Я. Харитонов]. – Москва: Изд-во Высшая школа, 2003. – 557 с.
13. Wang L. Raman and FTIR spectroscopies of fluorescein in solutions / L. Wang, A. Roitberg, C. Meuse, [at al.] // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. – 2001. – Vol. 57, № 9. – P. 1781–1791.
14. ИК спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений / [К. Накамото]. – Москва: Изд-во Мир, 1991. – 284 с.
15. Электронные и колебательные спектры неорганических и координационных соединений / [Баличева Т. Г., Лобанева О. А.]. – Ленинград: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1983. – 70 с.
16. Зефириов Ю.В. Ван-дер-ваальсовы радиусы и их применение в химии / Ю.В. Зефириов, П.М. Зоркий // Успехи химии. – 1989. – Т. 58, № 5. – С. 713–716.

**Нетреба Є.Є. Синтез та дослідження молекулярно-кристалічної структури координаційної сполуки нітрату лантану(III) з 4,4,10,10-тетраметил-1,3,7,9-тетраазоспиро[5.5]ундекан-2,8-діоном / Є.Є. Нетреба, О.М. Федоренко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 255-263.**

Вперше синтезований центросиметричний біядерний комплекс лантану  $[\text{La}(\text{NO}_3)_3(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)(\text{H}_2\text{O})_2]_2$  (I) та визначена його структура. Кристали (I) моноклінні: пр. гр.  $P2_1/n$ ,  $a = 14,2401(2)$ ,  $b = 7,38458(11)$ ,  $c = 21,0218(4)$  Å,  $\beta = 101,9570(15)^\circ$ ,  $V = 2162,64(6)$  Å<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{роз}} = 1,89$  г/см<sup>3</sup>,  $Z = 2$ . Атом лантану координований двома атомами кисню двох молекул лігандів пов'язаних операцією симетрії [1-x, -y, 1-z], трьома бідентантними нітрат-аніонами і двома молекулами води. Координаційне число лантану дорівнює 10, координаційний полієдр представляє собою неправильний десятикутник. Відстань La ... La в комплексі становить 9,54 Å.

**Ключові слова:** лантан(III), спирокарбон, біядерний комплекс, структура, рентгеноструктурний аналіз.

**Netreba Y.Y. Synthesis and investigation of molecular and crystal structure of coordination compounds of lanthanum(III) nitrate with 4,4,10,10-tetramethyl-1,3,7,9-tetraazospiro[5.5]undecan-2,8-dion / Y.Y. Netreba, A.M. Fedorenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 255-263.**

The coordination complex of spirocarbon with lanthanum (III) nitrate  $[\text{La}(\text{NO}_3)_3(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)(\text{H}_2\text{O})_2]_2$  was synthesized for the first time and its structure was determined by means of X-Ray diffraction study. The complex have binuclear structure with  $Z' = 1/2$ . Each of lanthanum atoms anions is coordinated by two oxygen atoms of two symmetry related organic ligand molecules, three bidentate nitrate anions and two water molecules. Coordination number of lanthanum is 10 with irregular coordination geometry. The La...La distance in binuclear complex is 9,54 Å.

**Keywords:** lanthanum (III), spirocarbon, binuclear complex, XRD.

Поступила в редакцію 27.11.2012 г.

**УДК 547.918**

## **ТРИТЕРПЕНОВЫЕ ГЛИКОЗИДЫ ЦВЕТОЧНЫХ БУТОНОВ ЛОМОНОСА ВИНОГРАДОЛИСТНОГО *CLEMATIS VITALBA***

*Панов Д.А.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: panovda@crimea.edu*

На основании проведенных одно- и двумерных ТСХ анализов, а также с использованием различных методов химического анализа в экстрактах цветочных бутонов ломоноса виноградолистного было идентифицировано 8 фракций тритерпеновых гликозидов хедерагенина и олеаноловой кислоты. Установлено наличие моно- и диацилированных тритерпеновых гликозидов.

**Ключевые слова:** *Clematis vitalba*, ломонос виноградолистный, *Ranunculaceae*, тритерпеновые гликозиды, гликозиды олеаноловой кислоты и хедерагенина, ацилированные гликозиды.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Как известно, в настоящее время из растений получают более трети лекарственных препаратов. Несмотря на успехи в области органического синтеза, структура многих природных веществ настолько сложна, что они практически не поддаются органическому синтезу. В ближайшее время эта ситуация существенно не изменится, и растения еще долго будут единственным источником биологически активных вторичных метаболитов [1].

Среди представителей рода *Clematis* (сем. *Ranunculaceae*) в Крыму наибольшее распространение имеет ломонос виноградолистный *Clematis vitalba* L. Цветы и листья ломоноса народная медицина использует при лечении головной боли, воспалительных заболеваний, как мочегонное, потогонное средство, сильное слабительное, а также для лечения язвы желудка, венерических болезней, костных опухолей, чесотки. Это растение получило широкое распространение в тибетской и китайской медицине как стимулятор иммунной системы, адаптогенное средство, а также как средство при онкопатологиях [2]. Интерес к ломоносу особенно возрос в 70-е годы прошлого столетия в связи с обнаружением в нем тритерпеновых гликозидов, обладающих активностью в отношении злокачественных опухолей [3]. Ранее при исследовании гликозидов ломоноса различными авторами констатировалось наличие тритерпеновых гликозидов [4, 5] и были описаны вещества фенольной природы [6]. Однако к настоящему времени химический состав этого лекарственного растения мало изучен, а исследование гликозидного состава цветочных бутонов вообще не проводилось.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Растительным материалом служили свежие и воздушно-сухие цветочные бутоны ломоноса виноградолистного *Clematis vitalba* L., собранные в Ботаническом саду Таврического национального университета им. В.И. Вернадского.

ТСХ-анализ гликозидов выполняли на пластинках "Silufol" ("Kavalier", Чехословакия) и "Sorbfil" (Россия). В качестве нейтральной системы использовали смесь хлороформ-метанол-вода (100:30:5); в качестве кислой – хлороформ-метанол-вода (100:30:5 с добавлением 3–5 % муравьиной кислоты непосредственно перед хроматографированием), и щелочной – хлороформ-метанол-25%-ный водный аммиак (100:30:5), хлороформ-этанол-10%-ный водный аммиак (100:40:7) [7]. Детектирование пятен тритерпеновых гликозидов на хроматограммах осуществляли 10%-ным спиртовым раствором фосфорновольфрамовой кислоты с последующим нагреванием хроматограмм при 100–120°C [8]. В этих условиях гликозиды олеаноловой кислоты дают красно-розовую окраску, хедерагенин – сине-фиолетовый цвет, а фенольные – желтую.

Двумерный ТСХ-анализ экстрактов проводили на пластинках "Silufol" и "Merck" при использовании в одном направлении нейтральной хроматографической системы растворителей и в перпендикулярном направлении – щелочной системы растворителей. В качестве нейтральной системы использовали смесь хлороформ-метанол-вода (100:30:5); в качестве щелочной – хлороформ-метанол-25%-ный водный аммиак (100:30:5).

Щелочной гидролиз осуществляли путем добавления к экстракту гликозидов 1 мл 10%-ного раствора КОН в смеси вода-метанол (1:1) и нагревания при 100°C в течение 2 ч. Полученный раствор нейтрализовали 1н. водным раствором H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> до слабокислой реакции и экстрагировали прогенины бутанолом. Бутанольный экстракт анализировали ТСХ в системе хлороформ-метанол-вода (100:40:7).

Дезацелирование (аммонолиз) проводили добавлением к гликозидному экстракту 1 мл 15%-ного водно-спиртового (1:1) раствора аммиака и выдерживали при 20°C в течение 2–3 ч. Раствор нейтрализовали катионитом КУ-2-8 в H<sup>+</sup>-форме и фильтрат анализировали ТСХ в системе хлороформ-метанол-вода (100:30:5).

Полный кислотный гидролиз осуществляли путем добавления к 1 мг гликозида 0,1 мл диоксана и 0,1 мл 2 н. водного раствора CF<sub>3</sub>COOH кислоты и нагревания 2 ч при 100°C. Агликон извлекали 0,5 мл бензола и полученный экстракт анализировали ТСХ в системе бензол-ацетон (4:1) или хлороформ-метанол-25% водный аммиак (100:20:1) с заведомыми образцами агликонов. Сахара в гидролизате идентифицировали ТСХ в системах хлороформ-метанол-аммиак (100:40:10) с заведомыми образцами рамнозы, арабинозы, глюкозы, галактозы, ксилозы и рибозы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ цветочных бутонов ломоноса виноградолистного на содержание тритерпеновых гликозидов проводили методом тонкослойной хроматографии (одно- и двумерный варианты) и с использованием различных методов химического анализа. Для этого предварительно цветочные бутоны высушили при комнатной

температуре, а затем тщательно измельчили, экстрагировали 80%-ным водным изопропиловым спиртом [9]. Для удаления различных примесных компонентов, наличие которых негативно сказывается на эффективности разделения гликозидов при ТСХ анализе, экстракты упарили и растворили в *n*-бутаноле, насыщенном водой, а затем промыли дистиллированной водой. Обычно используемый для этого водный раствор аммиака не применяли, так как это могло привести к снятию ацильных групп и потере нативности исследуемых гликозидов.

Результаты проведенного одно- и двумерного ТСХ анализов представлены на рис. 1.

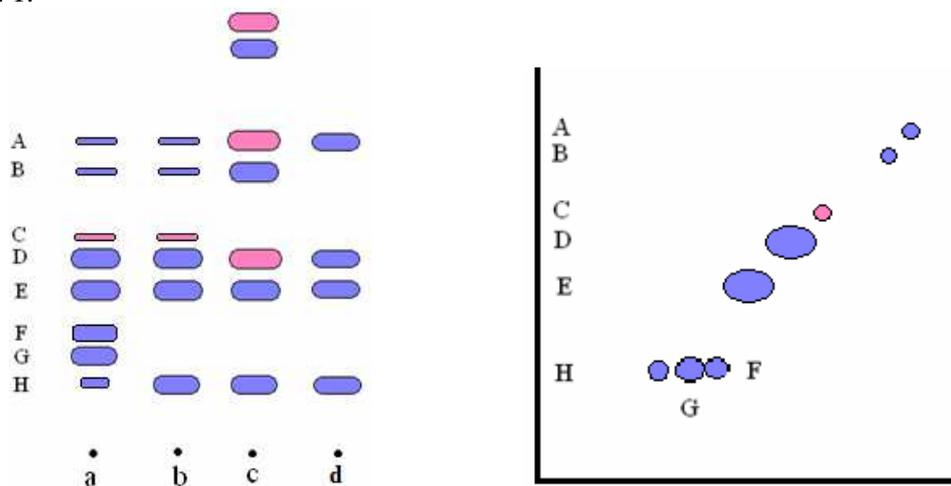


Рис. 1. Тонкослойная хроматограмма экстрактов цветочных бутонов ломоноса виноградолистного (одно- и двумерный вариант).

"a" – экстракт цветочных бутонов ломоноса виноградолистного;

"b" – экстракт цветочных бутонов ломоноса после аммонолиза;

"c" – экстракт корней ломоноса виноградолистного;

"d" – заведомо известные тритерпеновые гликозиды;

A, B, D, E, F, G, H – фракции тритерпеновых гликозидов хедерагенина;

C – фракция тритерпеновых гликозидов олеаноловой кислоты.

На рис.1 представлены схемы распределения гликозидных фракций после проведенного ТСХ анализа в нейтральной ("a", "c" и "d"), кислой ("a" и "d") и щелочной ("b") системах растворителей. Для интерпретации полученных хроматограмм были использованы в качестве образцов сравнения экстракты корней ломоноса виноградолистного (Рис. 1, "c") и заведомо известные тритерпеновые гликозиды (Рис. 1, "d"), представляющие собой 28-О-β-D-глюкопиранозил-3-О-α-L-рамнопиранозил-(1→2)-О-α-L-арабинопиранозид хедерагенина, 28-О-α-L-рамнопиранозил-(1→4)-β-D-глюкопиранозил-(1→6)-О-β-D-глюкопиранозил-3-О-α-L-рамнопиранозил-(1→2)-О-α-L-арабинопиранозид, 3-О-β-D-рибопиранозил-(1→3)-О-α-L-рамнопиранозил-(1→2)-О-α-L-арабинопиранозид и 3-О-

$\beta$ -D-глюкопиранозил-(1→4)-O- $\beta$ -D-рибопиранозил-(1→3)-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1→2)-O- $\alpha$ -L-арабинопиранозид хедерагенина, выделенные ранее [10–14].

Согласно полученным данным в цветочных бутонах ломоноса виноградолистного содержится 8 фракций тритерпеновых гликозидов  $\beta$ -амиринового ряда (Рис. 1, "а"). 7 фракций представлены гликозидами имеющими в качестве агликона хедерагенин (фракции **A**, **B**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H**) и одна фракция гликозидов – олеаноловой кислоты (фракция **C**). Фракции **A**, **B** и **C** присутствуют в следовых количествах, а основными являются фракции **D**, **E**, **G**, и **F** (в порядке уменьшения содержания). Данные по агликонному составу подтверждены полным кислотным гидролизом и сравнением полученных агликонов с заведомо известными образцами олеаноловой кислоты и хедерагенина. В экстракте цветочных бутонов *Clematis vitalba* все обнаруженные гликозиды являются нейтральными, так как при хроматографировании в кислой среде никаких изменений не наблюдалось, и хроматограмма идентична таковой в нейтральной среде.

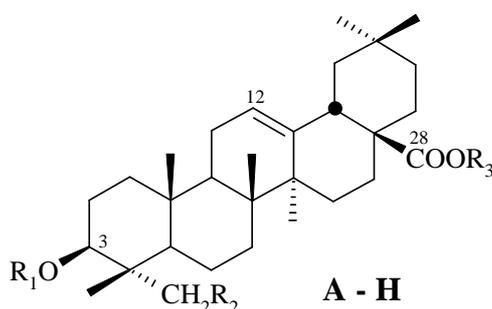
Фракции **B** и **E** идентичны по хроматографической подвижности в различных системах растворителей соответствующим фракциям корней ломоноса и заведомо известным образцам, выделенным ранее из корней ломоноса виноградолистного [15]. Для дополнительной идентификации был проведен щелочной гидролиз и сравнение полученных прогенинов с соответствующими прогенинами, выделенными ранее. Таким образом, фракции **B** и **E** представляют собой 28-O- $\beta$ -D-глюкопиранозил-эфир 3-O- $\beta$ -D-рибопиранозил-(1→3)-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1→2)-O- $\alpha$ -L-арабинопиранозид хедерагенина и 28-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1→4)- $\beta$ -D-глюкопиранозил-(1→6)-O- $\beta$ -D-глюкопиранозил-эфир 3-O- $\beta$ -D-рибопиранозил-(1→3)-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1→2)-O- $\alpha$ -L-арабинопиранозид хедерагенина, соответственно.

Фракция **C** на основании совпадения хроматографической подвижности была идентифицирована как 28-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1→4)- $\beta$ -D-глюкопиранозил-(1→6)-O- $\beta$ -D-глюкопиранозил-эфир 3-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1→2)-O- $\alpha$ -L-арабинопиранозид олеаноловой кислоты. Ранее гликозид аналогичного строения выделялся из ряда растений, например, из *Kalopanax septemlobum* var. *typicum* [16].

Фракции **A**, **D** и **H** идентичны по хроматографической подвижности в различных системах растворителей соответствующим заведомо известным образцам гликозидов, выделенных ранее из стеблей и листьев калопанакса и из корней ломоноса виноградолистного [10, 11, 15]. Таким образом, на основании проведенного анализа можно высказать предположение об их структуре – фракции **A**, **D** и **H** представляют собой 28-O- $\beta$ -D-глюкопиранозил-эфир 3-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1→2)-O- $\alpha$ -L-арабинопиранозид хедерагенина, 28-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1→4)- $\beta$ -D-глюкопиранозил-(1→6)-O- $\beta$ -D-глюкопиранозил-эфир 3-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1→2)-O- $\alpha$ -L-арабинопиранозид и 3-O- $\beta$ -D-глюкопиранозил-(1→4)-O- $\beta$ -D-рибопиранозил-(1→3)-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1→2)-O- $\alpha$ -L-арабинопиранозид хедерагенина, соответственно.

Фракции тритерпеновых гликозидов **F** и **G** не совпали с имеющимися заведомыми образцами, однако дальнейшие исследования выявили их характерные

особенности. Для анализа экстракта цветочных бутонов на наличие ацилированных гликозидов, которые довольно часто встречаются в растениях, как семейства Лютиковых, так и в хемотаксономически родственном семействе Аралиевых, было проведено дезацилирование всего экстракта. Результаты представлены на рис. 1 ("b"). Как видно, фракции гликозидов **F** и **G** (Рис. 1, "a") отсутствуют на хроматограмме. Очевидно, это связано с тем, что данные фракции представлены ацилированными формами тритерпеновых гликозидов, а в условиях мягкого щелочного гидролиза такие группы отщепляются и гликозид приобретает большую полярность и, как следствие, меньшую хроматографическую подвижность. Поэтому можно предположить, что фракции гликозидов **F** и **G** теперь занимают положение фракции **H**, что наглядно видно еще и по большей площади пятна фракции **H** в сравнении с исходным образцом цветочных бутонов (Рис. 1, "a" и "b"). Для подтверждения высказанной гипотезы был проведен двумерный ТСХ анализ в двух различных системах растворителей (в I-м направлении – в нейтральной, во II-м – в щелочной). При этом перед хроматографированием во II-м направлении хроматограмму выдерживали в течение двух часов в парах аммиака для снятия ацильных групп. Полученные данные позволяют однозначно говорить, что фракции гликозидов **F** и **G** представляют собой ацилированные формы гликозида **H**, структура которого описана выше, причем гликозид **F**, по видимому, является его диацилированной формой. Принимая во внимания хемотаксономическую близость двух семейств – Лютиковых и Аралиевых, можно высказать предположение о структуре ацилированных сахарных остатков, как наиболее характерных для гликозидов выделенных из представителей этих двух семейств –  $\leftarrow\text{Glc}^6\leftarrow(\text{Glc}^6\leftarrow\text{OAc})^4\leftarrow\text{Rha}$  и  $\leftarrow\text{Glc}^6\leftarrow(\text{Glc}^6\leftarrow\text{OAc})^4\leftarrow\text{Rha}^3\leftarrow\text{OAc}$  [10, 17].



|          | <b>R<sub>1</sub></b>                                       | <b>R<sub>2</sub></b> | <b>R<sub>3</sub></b>   | <b>%</b> |
|----------|--|----------------------|--|----------|
| <b>A</b> | Rha→ <sup>2</sup> Ara→                                     | OH                   | ←Glc   | 1        |
| <b>B</b> | Rib→ <sup>3</sup> Rha→ <sup>2</sup> Ara→                   | OH                   | ←Glc   | 1        |
| <b>C</b> | Rha→ <sup>2</sup> Ara→                                     | H                    | ←Glc <sup>6</sup> ←Glc <sup>4</sup> ←Rha                                       | 3        |
| <b>D</b> | Rha→ <sup>2</sup> Ara→                                     | OH                   | ←Glc <sup>6</sup> ←Glc <sup>4</sup> ←Rha                                       | 24       |
| <b>E</b> | Rib→ <sup>3</sup> Rha→ <sup>2</sup> Ara→                   | OH                   | ←Glc <sup>6</sup> ←Glc <sup>4</sup> ←Rha                                       | 24       |
| <b>F</b> | Glc→ <sup>4</sup> Rib→ <sup>3</sup> Rha→ <sup>2</sup> Ara→ | OH                   | ←Glc <sup>6</sup> ←(Glc <sup>6</sup> ←OAc) <sup>4</sup> ←Rha <sup>3</sup> ←OAc | 20       |
| <b>G</b> | Glc→ <sup>4</sup> Rib→ <sup>3</sup> Rha→ <sup>2</sup> Ara→ | OH                   | ←Glc <sup>6</sup> ←(Glc <sup>6</sup> ←OAc) <sup>4</sup> ←Rha                   | 22       |
| <b>H</b> | Glc→ <sup>4</sup> Rib→ <sup>3</sup> Rha→ <sup>2</sup> Ara→ | OH                   | ←Glc <sup>6</sup> ←Glc <sup>4</sup> ←Rha                                       | 5        |

**Rha** – α-L-Rha<sub>p</sub>; **Ara** – α-L-Ara<sub>p</sub>; **Rib** – β-D-Rib<sub>p</sub>; **Glc** – β-D-Glc<sub>p</sub>;

**ВЫВОДЫ**

1. В цветочных бутонах ломоноса виноградолистного найдено 8 фракций нейтральных тритерпеновых гликозидов.
2. В качестве агликонов были идентифицированы олеаноловая кислота и хедерагенин.
3. Гликозиды содержат характерные для семейства Лютиковые углеводные фрагменты, характерные для гликозидов и других органов ломоноса.
4. Установлено наличие в цветочных бутонах моно- и диацилированных тритерпеновых гликозидов.

**Список литературы**

1. DiCosmo F. Plant cell culture secondary metabolism / F. DiCosmo, M. Misawa. – Boca Raton, Fla. : CRC Press, 1996. – 232 p.
2. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование : Семейства Hydrangeaceae - Haloragaceae / АН СССР, Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова; [Сост. С. Я. Тюлин и др.]; Отв. ред. П. Д. Соколов. – Т. 2., Л.: «Наука», 1987. – 328 с.
3. Мельников В.Н. Химическое исследование гликозидов ломоноса виноградолистного: автореф. дис. ... канд. хим. наук. / В.Н. Мельников. – Черновцы, 1974. – 18 с.
4. Chirva V.Ya. Ribose in the triterpene glycosides of *Clematis vitalba* / V.Ya. Chirva, P.K. Kintya, V.N. Mel'nikov // Chemistry of Natural Compounds. – 1971. – Vol. 7, № 3 – P. 284–286.
5. Kintya P.K. Structure of vitalboside D from *Clematis vitalba* / P.K. Kintya, V.M. Mel'nikov, V.Ya. Chirva // Chemistry of Natural Compounds. – 1974. – Vol. 10, № 6. – P. 833.
6. Yesilada E. *Clematis vitalba* L. aerial part exhibits potent anti-inflammatory, antinociceptive and antipyretic effects / E. Yesilada, E. Kupeli // Journal of Ethnopharmacology. – 2007. – Vol. 110, № 3. – P. 504–515.
7. Шаршунова М. Тонкослойная хроматография в фармации и клинической биохимии / Пер. с словац. / М. Шаршунова, В. Шварц, Ч. Михалец ; [Под. ред. В.Г. Березкина]. – М. : Мир, 1980. – 621 с.
8. Hostettmann K. Saponins / K. Hostettmann, A. Marston. – Cambridge : Cambridge University Press, 1995. – 548 p.
9. Деканосидзе Г.Е. Исследование тритерпеновых гликозидов. Установление строения и синтез / Г.Е. Деканосидзе, В.Я. Чирва, Т.В. Сергиенко, Н.И. Уварова. – Тбилиси : Мецниереба, 1982. – 151 с.
10. Гришкoveц В.И. Тритерпеновые гликозиды *Kaloranax septemlobum* I. Гликозиды А, В, С, F, G1, G2, I2, H и J из листьев *Kaloranax septemlobum* var. *maximowiczii*, интродуцированного в Крыму / В.И. Гришкoveц, Д.А. Панов, В.В. Качала, А.С. Шашков // Химия природ. соедин. – 2005. – № 2. – С. 156–159.
11. Панов Д.А. Тритерпеновые гликозиды *Kaloranax septemlobum* VII. Минорные гликозиды стеблей *Kaloranax septemlobum* var. *maximowiczii* и *Kaloranax septemlobum* var. *tyricum* / Д.А. Панов, В.И. Гришкoveц, В.В. Качала, А.С. Шашков // Химия природ. соедин. – 2006. – № 1. – С. 49–53.
12. Kizu H. Studies on the constituents of *Clematis* species. VI. The constituents of *Clematis stans* Sieb. et Zucc. / H. Kizu, H. Shimana, T. Tomimori // Chem. Pharm. Bull. – 1995. – Vol. 43, № 12. – P. 2187–2194.
13. Kawata Y. Studies on the constituents of *Clematis* species. VII. Triterpenoid saponins from the roots of *Clematis terniflora* DC. var. *robusta* Tamura / Y. Kawata, H. Kizu and T. Tomimori // Chem. Pharm. Bull. – 1998. – Vol. 46, № 12. – P. 1891–1900.
14. Triterpenoid saponins from *Clematis chinensis* / [B. Shao, G. Qin, R. Xu, et al] // Phytochemistry. – 1995. – Vol. 38, № 6. – P. 1473–1479.
15. Зайцев Г.П. Тритерпеновые гликозиды *Clematis*. I. Гликозиды из корней *Clematis Vitalba* / Г.П. Зайцев, Д.А. Панов, В.Я. Чирва // Химия природ. соедин. – 2011. – № 2. – С. 281–282.

16. Панов Д.А. Тритерпеновые гликозиды *Kalopanax septemlobum* VI. Гликозиды из листьев *Kalopanax septemlobum* var. *turicum*, интродуцированного в Крыму / Д.А. Панов, В.И. Гришконец, В.В. Качала, А.С. Шашков // Химия природ. соедин. – 2006. – № 1. – С. 40–43.
17. Saponins from leaves of *Kalopanax pictus* (Thunb.) Nakai, Harigiri: structures of kalopanax-saponins JLa and JLb / [C.J. Shao, R. Kasai, K. Ohtani, et al] // Chem. Pharm. Bull. – 1990. – Vol. 38 (4). – P. 1087–1089.

**Панов Д.О. Тритерпенові глікозиди квіткових бутонів ломоносу виноградолистного *Clematis vitalba* / Д.О. Панов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25(64), № 4. – С. 264-270.**

На підставі проведених одно-і двовимірних ТШХ аналізів, а також з використанням різних методів хімічного аналізу в екстрактах квіткових бутонів ломоноса виноградолистного було ідентифіковано 8 фракцій тритерпенових глікозидів хедерагеніну і олеанолової кислоти. Встановлено наявність моно-і діацильованих тритерпенових глікозидів.

**Ключові слова:** *Clematis vitalba*, ломонос виноградолистний, *Ranunculaciae*, тритерпенові глікозиди, глікозиди олеанолової кислоти та хедерагеніну, ацильовані глікозиди.

**Panov D.A. Triterpenoid saponins from *Clematis vitalba* flower buds / D.A. Panov // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 264-270.**

On the basis of one- and two-dimensional TLC analysis, as well as using a variety of chemical analysis methods, in extracts of *Clematis vitalba* flower buds 8 fractions of triterpene glycosides hederagenin and oleanolic acid were identified. The presence of mono- and diacylated triterpene glycosides was confirmed.

**Keywords:** *Clematis vitalba*, *Ranunculaciae*, triterpene glycosides, oleanene glycoside, oleanolic acid, hederagenin, acylated glycosides.

Поступила в редакцію 24.11.2012 г.

УДК 615.22:547.785.5

## ПРИМЕНЕНИЕ АМИНОКИСЛОТ В ГЕТЕРОЦИКЛИЗАЦИИ 7,8-ДИФУНКЦИОНАЛЬНО ЗАМЕЩЕННЫХ ТЕОФИЛЛИНОВ ДО ПРОИЗВОДНЫХ ИМИДАЗО(1,2-*F*)ТЕОФИЛЛИНОВ

*Повстяной М.В.<sup>1</sup>, Федоренко А.М.<sup>2</sup>, Повстяной В.М.<sup>1</sup>, Лебедева И.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Херсонский национальный технический университет, Херсон, Украина*

<sup>2</sup>*Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

*E-mail: povst@inbox.ru*

Показана принципиальная возможность моновариантной гетероциклизации 7-кетоарил-8-бромтеофиллинов под действием аминокислот до производных имидазо(1,2-*f*)теофиллина, содержащих аминокислотный заместитель в имидазольном фрагменте молекулы.

**Ключевые слова:** синтез, гетероциклизация 7,8-дизамещенных теофиллина, аминокислоты и их алкилэфир, гидразины и гидразоны.

### ВВЕДЕНИЕ

Представители пуриносодержащих гетероциклических систем, являясь потенциальными носителями различных видов биологической активности, широко используются в поиске новых медицинских препаратов. Анализ литературных данных гетероциклических структур, содержащих имидазольный или пуриновый цикл, позволяет сделать вывод о том, что степень физиологической активности и её направленность, в значительной мере определяются как природой аннелированного гетероцикла, так и характером заместителей в их молекуле [1].

Настоящая работа является продолжением исследования гетероциклизирующей способности 7,8-дифункциональнозамещенных теофиллина под действием различных типов нуклеофилов [2–4]. Целью работы является установление направления реакции взаимодействия 7-β-кетоарил-8-бромтеофиллинов с аминокислотами или их соответствующими алкилэфирами и получение на их основе новых соединений, содержащих в своей структуре природный пуриновый алкалоид. Ранее было установлено, что производные N-замещенных имидазо(1,2-*f*)теофиллинов проявляют высокую биологическую активность [1]. С целью расширения круга исследуемых объектов, на примере трициклической имидазо(1,2-*f*)пуриновой системы, мы разработали способ введения в структуру данного трицикла алкилэфирные аминокислотные группировки, которые представляют интерес с фармакологической точки зрения и тем самым открывают новые перспективы на расширение спектра их биологической активности.

Для проведения биологического скрининга требуется большой ряд родственных соединений с разнообразными по природе и количеству заместителей в базовой

структуре. Это в свою очередь обуславливает необходимость разработок упрощенных способов их синтеза. Наиболее перспективными в этом плане становятся одностадийные регионаправленные методы синтеза аннелированных азоло(азино)пуриновых систем.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Спектры ПМР сняты на спектрометре “Bruker” WH-90 в ДМСО- $d_6$ , внутренний стандарт ТМС. Масс-спектры регистрировали на масс-спектрометре “Finnigan HSQ-30”, при непосредственном вводе образца в источник ионов с энергией ионизации 70эВ.

7-β-Кетоарил-8-бромтеофиллины (2а–g) получали по методам [1].

Общая методика получения замещенных имидазо[1,2-f]теофиллинов (4а–f; 5а,b; 6а–е; 7а–с; 8а–е; 9а–е; 10а,b.).

А. Смесь 0,01 моль 7-β-Кетоарил-8-бромтеофиллины (2а–g) и 0,012 моль соответствующей аминокислоты в 50 мл. низших спиртов (метанол, этанол, пропанол-2 или бутанол-1) нагревали в автоклаве 8–10 часов при температуре 180–190°C в случае для 2(а–с) и α-, β-аминокислот (аминоуксусная, 3-аминопропановая); при 160–170°C для 2(а,b,f) и γ-,ε- аминокислот (4-аминобутановая, 6-аминогексановая); при 150–160°C для 2(а, b, с, f, g) и ароматических и жирноароматических аминокислот (4-аминобензойная; 4-метиленаминобензойная; 4-аминофенилуксусная). После охлаждения осадок образцов 4(а–f); 5(а, b); 6(а–е); 7(а–с); 8(а–е); 9(а–е) отфильтровывали, промывали водой и небольшим количеством ацетона и сушили ( характеристики веществ приведены в табл. 1).

Б. Раствор 0,01 моль исходного кетотеофиллина 2(а, с, f) и 1,65 г (0,01 моль) этилового эфира 4-аминобензойной кислоты в 50 мл этанола нагревали 6–8 часов в автоклаве при 160°C, обрабатывали как описано в методике А. Выход образцов 8(b,d,e) составил 70–75% и с одинаковыми константами соответствующих образцов, полученных по методу А.

Гидразиды кислот замещенных имидазо[1,2-f]теофиллинов ( 11а,b).

К раствору 0,005 моля эфира трицикла (6d,7a) в 30мл этанола прибавляли 0,01 моля гидразингидрата, перемешивали 0,5ч при 20–25°C, затем кипятили 1,5–2 часа. Реакционную смесь охлаждали до 3–5°C, выпавший осадок гидразида (11а,b) отфильтровывали, промывали водой и сушили (характеристики веществ приведены в табл. 1).

Гидразон (12а) получен при нагревании гидразида (11а) с бензальдегидом в среде ледяной уксусной кислоты.

1-Карбоксиметил-2-фенилимидазо[1,2-f]теофиллин (13а) получен кислотным гидролизом сложного эфира (4а) в водно-спиртовой среде.

1-Метил-2-фенилимидазо[1,2-f] теофиллин (14а).

А. Получали декарбокислированием кислоты (13а) путем нагревания её выше температуры плавления. Выход (14а) составил 40% , т. пл. 232–234°C (из этанола).

Б. Смесь из 1,9 г (0,005 моль) 7-фенацил-8-бромтеофиллина (2а) и 10 мл 25% водного раствора метиламина в 10 мл этанола нагревали в автоклаве 8 часов при температуре 170–180°C. После охлаждения осадок (14а) отфильтровывали, промывали водой, перекристаллизовывали из спирта (т. пл. 235–236°C). Выход

**ПРИМЕНЕНИЕ АМИНОКИСЛОТ В ГЕТЕРОЦИКЛИЗАЦИИ...**

(14a) составил 77%. При смешивании образцы, полученные по методу А и Б, не давали депрессии температур плавления.

**Таблица 1**

**Структурные и брутто формулы, температуры плавления, проценты выхода и содержания азота впервые синтезированных соединений**

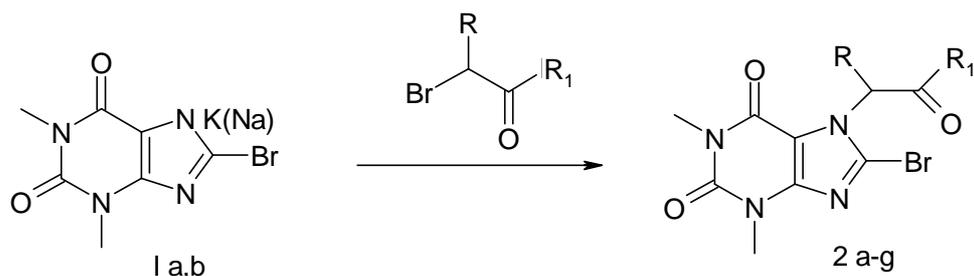
| №       | Z                                      | R               | R1  | Alk                           | Т. пл.,<br>°С | Выход,<br>% | Найдено<br>N, % | Брутто<br>формула   | Вычислен<br>о<br>N, % |
|---------|--|-----------------|---|-------------------------------|---------------|-------------|-----------------|---|-----------------------|
| 1       | 2                                      | 3               | 4   | 5                             | 6             | 7           | 8               | 9   | 10                    |
| 4-<br>a | -CH <sub>2</sub> -                     | H               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                         | CH <sub>3</sub>               | 250-<br>252   | 63          | 19.15           | C <sub>18</sub> H <sub>17</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 19.07                 |
| -b      | -CH <sub>2</sub> -                     | H               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                         | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | 180-<br>182   | 67          | 18.25           | C <sub>19</sub> H <sub>19</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 18.37                 |
| -c      | -CH <sub>2</sub> -                     | H               | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> -n      | CH <sub>3</sub>               | 247-<br>248   | 65          | 18.20           | C <sub>19</sub> H <sub>19</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 18.32                 |
| -d      | -CH <sub>2</sub> -                     | H               | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> -n      | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | 165-<br>166   | 62          | 17.69           | C <sub>20</sub> H <sub>21</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 17.72                 |
| -e      | -CH <sub>2</sub> -                     | H               | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OCH <sub>3</sub> -<br>n | CH <sub>3</sub>               | 193-<br>194   | 58          | 17.60           | C <sub>19</sub> H <sub>19</sub> N <sub>5</sub> O <sub>5</sub> | 17.63                 |
| -f      | -CH <sub>2</sub> -                     | H               | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OCH <sub>3</sub> -<br>n | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | 184-<br>185   | 64          | 17.25           | C <sub>20</sub> H <sub>21</sub> N <sub>5</sub> O <sub>5</sub> | 17.03                 |
| 5-<br>a | -<br>(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> - | H               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                         | CH <sub>3</sub>               | 153-<br>154   | 65          | 18.39           | C <sub>19</sub> H <sub>19</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 18.37                 |
| -b      | -<br>(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> - | H               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                         | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | 118-<br>120   | 69          | 17.78           | C <sub>20</sub> H <sub>21</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 17.72                 |
| 6-<br>a | -<br>(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> - | H               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                         | CH <sub>3</sub>               | 150-<br>152   | 71          | 17.83           | C <sub>20</sub> H <sub>21</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 17.72                 |
| -b      | -<br>(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> - | H               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                         | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | 116-<br>117   | 68          | 17.10           | C <sub>21</sub> H <sub>23</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 17.11                 |
| -c      | -<br>(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> - | H               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                         | C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> | 105-<br>106   | 58          | 16.49           | C <sub>22</sub> H <sub>25</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 16.55                 |
| -d      | -<br>(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> - | H               | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> -n      | CH <sub>3</sub>               | 147-<br>148   | 72          | 17.23           | C <sub>21</sub> H <sub>23</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 17.11                 |
| -e      | -<br>(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> - | CH <sub>3</sub> | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> -n      | CH <sub>3</sub>               | 114-<br>115   | 67          | 16.63           | C <sub>22</sub> H <sub>25</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 16.55                 |
| 7-<br>a | -<br>(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> - | H               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                         | CH <sub>3</sub>               | 122-<br>124   | 59          | 16.72           | C <sub>22</sub> H <sub>25</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 16.55                 |
| -b      | -<br>(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> - | H               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                         | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | 90-92         | 52          | 16.31           | C <sub>23</sub> H <sub>27</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 16.01                 |
| -c      | -<br>(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> - | H               | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> -n      | CH <sub>3</sub>               | 105-<br>106   | 55          | 15.95           | C <sub>23</sub> H <sub>27</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 16.01                 |
| 8-<br>a | -Ph-                                   | H               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                         | CH <sub>3</sub>               | 240-<br>241   | 73          | 16.53           | C <sub>23</sub> H <sub>19</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 16.47                 |
| -b      | -Ph-                                   | H               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                         | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | 255-<br>256   | 69          | 16.31           | C <sub>24</sub> H <sub>21</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub> | 16.20                 |

Продолжение таблицы 1

| №    | Z                                  | R                             | R <sub>1</sub>                                   | Alk                             | Т. пл.,<br>°С | Выход,<br>% | Найдено<br>N, % | Брутто<br>формула  | Вычислено<br>N, % |
|------|------------------------------------|-------------------------------|--|---------------------------------|---------------|-------------|-----------------|--|-------------------|
| 1    | 2                                  | 3                             | 4  | 5                               | 6             | 7           | 8               | 9  | 10                |
| -c   | -Ph-                               | H                             | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                    | C <sub>4</sub> H <sub>9-n</sub> | 193-<br>195   | 56          | 15.03           | C <sub>26</sub> H <sub>25</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub>      | 14.86             |
| -d   | -Ph-                               | CH <sub>3</sub>               | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                    | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>   | 250-<br>252   | 70          | 15.27           | C <sub>25</sub> H <sub>23</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub>      | 15.32             |
| -e   | -Ph-                               | CH <sub>3</sub>               | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3-n</sub>  | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>   | 230-<br>232   | 73          | 14.95           | C <sub>26</sub> H <sub>25</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub>      | 14.86             |
| 9-a  | -Ph-CH <sub>2</sub> -              | H                             | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OCH <sub>3-n</sub> | CH <sub>3</sub>                 | 245-<br>247   | 74          | 14.93           | C <sub>25</sub> H <sub>23</sub> N <sub>5</sub> O <sub>5</sub>      | 14.80             |
| -b   | -Ph-CH <sub>2</sub> -              | H                             | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OCH <sub>3-n</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>   | 210-<br>212   | 69          | 14.47           | C <sub>26</sub> H <sub>25</sub> N <sub>5</sub> O <sub>5</sub>      | 14.37             |
| -c   | -Ph-CH <sub>2</sub> -              | H                             | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> F-n                | CH <sub>3</sub>                 | 145-<br>147   | 65          | 16.31           | C <sub>24</sub> H <sub>21</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub><br>F | 16.18             |
| -d   | -Ph-CH <sub>2</sub> -              | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                    | CH <sub>3</sub>                 | 260-<br>262   | 69          | 15.01           | C <sub>26</sub> H <sub>25</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub>      | 14.86             |
| -e   | -Ph-CH <sub>2</sub> -              | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                    | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>   | 237-<br>239   | 63          | 14.54           | C <sub>27</sub> H <sub>22</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub>      | 14.43             |
| 10-a | -CH <sub>2</sub> -Ph-              | H                             | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3-n</sub>  | CH <sub>3</sub>                 | 247-<br>248   | 77          | 15.27           | C <sub>25</sub> H <sub>23</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub>      | 15.32             |
| -b   | -CH <sub>2</sub> -Ph-              | H                             | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3-n</sub>  | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>   | 217-<br>218   | 72          | 14.93           | C <sub>26</sub> H <sub>25</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub>      | 14.86             |
| 11-a | -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> - | H                             | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                    | NHNH <sub>2</sub>               | 145-<br>147   | 81          | 22.53           | C <sub>21</sub> H <sub>25</sub> N <sub>7</sub> O <sub>3</sub>      | 22.43             |
| -b   | -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> - | H                             | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3-n</sub>  | NHNH <sub>2</sub>               | 138-<br>139   | 83          | 24.05           | C <sub>20</sub> H <sub>23</sub> N <sub>7</sub> O <sub>3</sub>      | 23.96             |
| 12-a | -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> - | H                             | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                    | HNN≡Ph                          | 230-<br>232   | 79          | 20.37           | C <sub>28</sub> H <sub>29</sub> N <sub>7</sub> O <sub>3</sub>      | 20.18             |
| 13-a | -CH <sub>3</sub>                   | H                             | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                    | H                               | 253-<br>257   | 65          | 20.03           | C <sub>17</sub> H <sub>15</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub>      | 19.83             |
| 14-a | -CH <sub>2</sub> -                 | H                             | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                    | -                               | 235-<br>236   | 43          | 22.13           | C <sub>16</sub> H <sub>15</sub> N <sub>5</sub> O <sub>2</sub>      | 21.94             |

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Авторами впервые изучено взаимодействие 7-β-кетоарил-8-бромтеофиллинов с различным типом аминокислот или их соответствующими алкилэфирами. В качестве исходного продукта применялась калиевая или натриевая соль 8-бромтеофиллина 1(a, b), которая легко алкилируется различными α-бромкетонами с образованием перспективных и реакционноспособных билдинг-блоков (2a–g) (схема 1), открывающих широкие возможности для получения ряда конденсированных гетероциклических систем со структурным фрагментом природного пуринового алкалоида теофиллина.



2 a: R=H, R<sub>1</sub>=C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>; b: R=CH<sub>3</sub>, R<sub>1</sub>=C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>; c: R=C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, R<sub>1</sub>=C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>; d: R=H, R<sub>1</sub>=C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>-n;  
 e: R=CH<sub>3</sub>, R<sub>1</sub>=C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>-n; f: R=H, R<sub>1</sub>=C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>OCH<sub>3</sub>-n; g: R=H, R<sub>1</sub>=C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F-n.

Схема 1

Вследствие наличия в исходных (2a–g) нескольких реакционных центров, оказалось возможным проведение реакций не только характерных для этих группировок, но и осуществление процессов приводящих к внутримолекулярной гетероциклизации путем аннелирования к теофиллиновому остову новых гетероциклов с образованием конденсированных имидазо(1,3-тиазоло-; 1,3-оксазоло-; 1,2,4-триазино-)-[1,2-f]теофиллинов [1, 4–6]. Возможности структурной модификации имидазотеофиллинов, путем широкого варьирования заместителей в их молекуле, существенно расширены за счет привлечения неиспользуемых ранее в этой области исследования различных типов аминокислот или их соответствующих алкилэфиров.

Реакцию гетерилкетонеров (2a–g) с аминокислотами проводили в среде низших органических спиртов (метанол, этанол, пропанол-2) в запаянной ампуле (или автоклаве) и определенным температурным режимом. Температура проведения процесса зависит от природы исходной аминокислоты. Было установлено, что для α- и β-аминокислот жирного ряда (аминоуксусная, 3-аминопропионовая) оптимальный температурный режим составляет 180–190°C, для γ- и ε-аминокислот (4-аминобутановая, 6-аминогексановая) – 160–170°C и для представителей аминокислот ароматического и жирноароматического ряда (4-аминобензойная, 4-метиленаминобензойная и 4-аминофенилуксусная) – 150–160°C. В этом случае, в результате последовательно протекающих реакций нуклеофильного замещения атома брома и процессом внутримолекулярного отщепления молекулы воды, приводит к формированию имидазольного кольца и синтезу неописанных в литературе новых производных трициклической гетеросистемы, содержащей структурный фрагмент природного пуринового алкалоида и аннелированный имидазольный цикл с сложноэфирным аминокислотным заместителем (4a–f; 5a,b; 6a–e; 7a–c; 8a–e; 9a–e; 10a,b; схема 2).

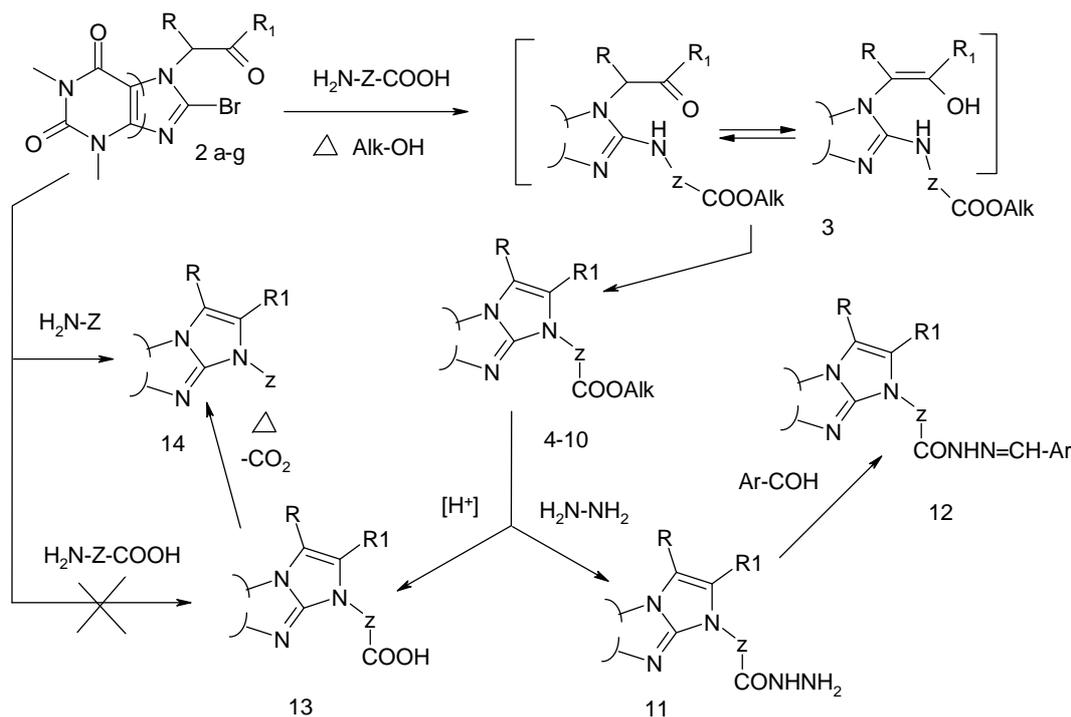


Схема 2

Необходимо отметить что, несмотря на применение в качестве исходных нуклеофильных компонентов соответствующих аминокислот, в конечных продуктах реакций, практически в каждом случае, выделены сложные эфиры соответствующих аминокислот. Структура алкилэфирной группы зависит от природы спирта, используемого в процессе в качестве реакционной среды. Применение в исследуемой конденсации в качестве исходного нуклеофильного компонента сложных эфиров аминокислот приводит к синтезу идентичных конечных веществ, что и в случае использования соответствующей аминокислоты. Такой результат позволяет сделать вывод о том, что в стадии нуклеофильного замещения атома брома в исходных гетерилкетонах (2a–g) принимает участие предварительно этерифицированная аминокислота. Этот вывод подтверждается тем фактом, что провести процесс циклизации теofilлинкетонa (2a–g) под действием аминокислот в условиях, исключающих предварительную стадию этерификации исходной аминокислоты, нам не удалось.

При исследовании оптимальных температурных параметров проведения процесса гетероциклизации было установлено, что при определенных температурах в технической смеси конечных продуктов присутствуют другие вещества, в частности, производные трициклической системы с карбоксильной группой (13a) или с радикалом, образовавшимся после декарбоксилирования исходной аминокислоты (14a). В результате проведенных исследований были выявлены

оптимальные температурные режимы реакции циклизации гетерилкетонатов (2a–g) под действием аминокислот в спиртовых средах, при которых выход целевых продуктов составил 65–85%.

Структура целевых теofilлинсодержащих трициклов подтверждена данными ПМР- и масс-спектрологии, встречным синтезом, а также путем функционализации их в другие продукты. Спектры Н ЯМР соединений (4a–f; 5a,b; 6a–e; 7a–c; 8a–e; 9a–e; 10a–b) характеризуются следующими сигналами : двумя N-CH<sub>3</sub> ( 3.1–3.6 м.д.) теofilлинового фрагмента, протоном группы -CH= (7.1–7.65 м.д.) имидазольного цикла, ароматическими протонами фенильного ядра (7.0–7.6 м.д.); алифатическими протонами аминокислотного радикала (1.65–2.90 м.д.), группой –OCH<sub>3</sub> в области (3.35–3.85 м.д.), протонами -CH<sub>2</sub> радикала (1.05–1.20 м.д.), протонами –CH группы (4.05–4.3 м.д.). Наличие кислоты в неочищенных конечных продуктах подтверждается присутствием сигнала кислотной –OH группы (11.80–12.75 м.д.).

В масс-спектрах полученных замещенных трициклов фиксируется пик молекулярного иона (M<sup>+</sup>) с массовым числом, соответствующим молекулярным массам соединений. Брутто-состав M<sup>+</sup> подтвержден съемкой спектров МСВР. Все рассматриваемые соединения имеют селективный спектр (S=4,6) и высокие W<sub>m</sub>, что характерно для конденсированных ароматических соединений [7].

Целевые эфирсодержащие имидазолтеofilлины (6a; 7c) легко образуют соответствующие гетерилгидразиды (11a,b). Из последних, при кипячении их с эквимольным количеством арилальдегида в среде ледяной уксусной кислоты, синтезируются гидразоны (12a). При кислотном гидролизе гетерилэфиров образуют соответствующие кислоты (13a), которые при нагревании выше точки их плавления подвергаются декарбоксилированию с образованием продуктов (14a).

## ВЫВОДЫ

1. В результате изучения химических свойств 7,8-дифункциональнозамещенных теofilлина предложен простой метод синтеза трициклической системы на остоле пуринового алкалоида.
2. Показаны широкие возможности варьирования природой заместителей в базовой структуре молекулы, что необходимо для фармакологического скринингового поиска биологически активных веществ.

## Список литературы

1. Исследования в ряду имидазола LIII. Синтез и фармакологическое действие производных (1,2-*f*)ксантина / П.М. Кочергин, В.И. Линенко, А.А. Ткаченко, Б.А. [и др.] // Хим.-фарм. журнал. – 1971. – № 2. – С. 22–26.
2. Синтез 1,2,3,4-тетрагидро-3-оксо-1,2,4-триазиноимидазольных систем / М.В. Повстаной, П.М. Кочергин, Е.В. Логачев, Э.Я. Якубовский, А.В. Акимов // ХГС. – 1976. – № 6. – С. 1424–1425.
3. Ochiai E. Synthese von Thiazolo-purin-derivater / E. Ochiai // Ber. – 1936. – Vol. 69. – P. 1650–1655.
4. Юрченко М.И. Исследования в ряду имидазола LXXVII. Действие α-галогенальдегидов и их ацеталей на 8-тиопроизводные пурина и терфиллина / М.И. Юрченко, Б.В. Курмаз, П.М. Кочергин // ХГС. – 1972. – № 7. – С. 996–998.
5. Синтез и свойства оксазоло(3,2-*f*)ксантина / С.Н. Гармаш, Б.А. Прийменко, Н.А. Клюев [и др.] // ХГС. – 1988. – № 4. – С. 534–537.

6. Повстяной М.В. Одностадийний синтез 1,4-дигідропохідних ас.-триазино(3,4-*f*)ксантину / М.В. Повстяной, А.В. Акимов, П.М. Кочергин // Укр. хім. журнал. – 1974. – Том 11, Вип. 2. – С. 215–216.
7. Полякова А.А. Масс-спектрометрия в органической химии. / А.А. Полякова, Р.А. Хмельницкий – Л.: Химия, 1992. – 368 с.

**Повстяной М.В.** Застосування амінокислот в гетероциклізації 7,8-діфункціонально заміщених теофілінів до похідних імідазо(1,2-*f*)теофілінів / М.В. Повстяной, О.М. Федоренко, В.М. Повстяной, І.О. Лебедева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 271-278.

Показана принципіальна можливість моноваріантної гетероциклізації 7-кетоаріл-8-бромтеофілінів під дією амінокислот до похідних імідазо(1,2-*f*)теофіліна, утримуючих амінокислотний замітник у імідазольному фрагменті молекули.

**Ключові слова:** синтез, гетероциклізація 7,8- дизаміщених теофіліну, амінокислоти та їх алкілестери, гідразиди та гідрозони.

**Povstyanoy M.** The use of amino acids in the heterocyclization of 7,8-difunctional substituted theophylline to imidazo (1,2-*f*) theophylline / M. Povstyanoy, A. Fedorenko, V. Povstyanoy, I. Lebedeva // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 271-278.

The principal possibility of univariant heterocyclization ketoaryl 7-8-bromotheophylline under the influence of amino acids to the imidazo (1,2-*f*) theophylline-containing amino substituent in the imidazole moiety.

**Keywords:** synthesis, heterocyclization, amino acids, theophylline, alkyl esters, hydrazones derived.

*Поступила в редакцію 28.11.2012 г.*

УДК 547.918:547.587.11:543.42

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ СОЛОДКИ И ПЛЮЩА С АСПИРИНОМ

*Яковишин Л.А.*

*Севастопольский национальный технический университет, Севастополь, Украина  
E-mail: chemsevntu@rambler.ru*

Методом спектрофотометрии исследовано комплексообразование моноаммонийной соли глицирризиновой кислоты (глицирама),  $\alpha$ -хедерина (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозида хедерагенина) и хедерасапонина С (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозида хедерагенина) с аспирином в водных растворах. Показано, что глицирам образует с аспирином клатрат состава 2:1.  $\alpha$ -Хедерин и хедерасапонин С образуют с аспирином комплексы состава 1:1.

**Ключевые слова.** тритерпеновые гликозиды, глицирризиновая кислота, глицирам,  $\alpha$ -хедерин, хедерасапонин С, аспирин, молекулярный комплекс, спектрофотометрия.

### ВВЕДЕНИЕ

Снижение терапевтических доз, улучшение растворимости, повышение биодоступности, снижение побочных эффектов и расширение спектра биологической активности лекарственных веществ может быть достигнуто за счет комплексообразования с тритерпеновыми гликозидами [1–3]. В качестве молекулярных носителей различных фармаконов предложены гликозиды солодки [1–3] и плюща [4].

В литературе описаны молекулярные комплексы глицирризиновой кислоты (GA) с аспирином (ацетилсалициловой кислотой, AcSal, рис. 1) [5–8]. GA является преобладающим тритерпеновым гликозидом солодки [1]. Комплексы GA с AcSal обладают меньшей токсичностью и ulcerогенностью. Они также характеризуются большей шириной противовоспалительного действия по сравнению с AcSal [1, 2, 5–8].

На основе AcSal и моноаммонийной соли GA (глицирама, GC) разработан противовоспалительный лекарственный препарат ГЛАС, не обладающий ulcerогенной активностью и превосходящий AcSal по противовоспалительному и анальгезирующему действию в несколько раз [9]. В [7] сообщалось, что ulcerогенные эффекты AcSal и быстрорастворимой смеси AcSal с GC и карбонатом кальция оказались практически одинаковыми. Комбинированные препараты глиаспин и глиаспин+, состоящие из глдеринина (18-дегидроглицирретовой кислоты), AcSal и аскорбиновой кислоты, имеют выраженную противовоспалительную и противоревматическую активность [10].

Ранее комплексы AcSal и GA были охарактеризованы УФ- и ИК-спектроскопически [6]. Комплексы были получены в водно-этанольных растворах путем смешивания AcSal и GA в молярных соотношениях 1:1 и 1:2. При этом реальный состав образующихся продуктов не был установлен.

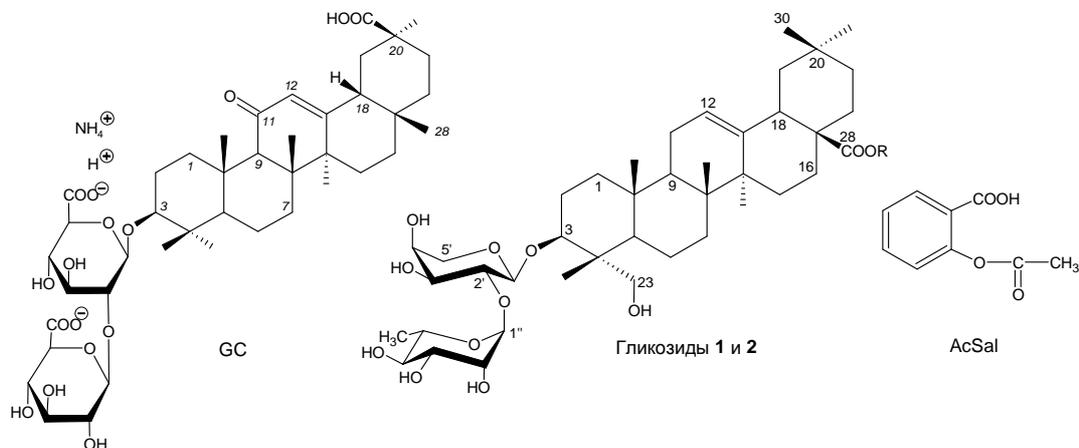


Рис. 1. Аспирин (AcSal), моноаммонийная соль глицирризиновой кислоты (глицирам, GC), тритерпеновые гликозиды **1** (R=H) и **2** (R= $\leftarrow\beta\text{Glc}_p\text{-(6}\leftarrow\text{1)}\text{-}\beta\text{Glc}_p\text{-(4}\leftarrow\text{1)}\text{-}\alpha\text{Rha}_p$ ).

Недавно сообщалось об ИК- и масс-спектрометрическом исследовании комплексообразования AcSal с  $\alpha$ -хедерином (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозидом хедерагенина, гликозид **1**, рис. 1) и хедерасопонином С (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозидом хедерагенина, гликозид **2**, рис. 1), выделенными из плюща [11, 12].

В настоящей статье рассмотрено молекулярное комплексообразование AcSal с GC и гликозидами **1** и **2** с использованием метода спектрофотометрии.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использовали образец GC фирмы «Calbiochem» (США). Тритерпеновые гликозиды **1** и **2** выделяли из листьев плющей крымского *Hedera taurica* Carr. и канарского *Hedera canariensis* Willd. (Araliaceae Juss.). Методики выделения и установления строения приведены в работах [13, 14].

УФ-спектры получены при температуре 28 °С на спектрофотометре Unico UV-Vis 4802 (США) в кварцевых кюветках ( $l=1$  см). Для составления изомолярных серий использовали  $5 \cdot 10^{-4}$  М водные растворы AcSal и гликозидов **1** и **2**, а также  $10^{-4}$  М растворы AcSal и GC (рН 7.2, фосфатный буфер  $\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{-NaH}_2\text{PO}_4$ ). Полученные смеси выдерживали при температуре 28 °С в течение 40 мин при постоянном перемешивании.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Спектрофотометрия является универсальным методом для анализа молекулярного комплексобразования. Поэтому ее часто используют для подтверждения межмолекулярных взаимодействий и установления состава образующихся комплексов.

**Молекулярный комплекс моноаммонийной соли глицирризиновой кислоты (глицирама) с аспирином.** Состав комплексов определен методом изомолярных серий (методом Остромысленского–Жоба) [15]. На Рис. 2 показана изомолярная кривая, полученная для смеси AcSal и GC. При этом для компонентов установлено молярное отношение  $\approx 2.3$ , что соответствует комплексу состава 2:1.

Спектр поглощения изомолярной серии имеет изобестические точки при 235 и 287 нм (рис. 3). Наличие изобестических точек указывает на формирование лишь одного типа комплекса между AcSal и GC.

Ранее сообщалось, что для молекул GA характерно образование циклических ассоциатов с внутренней полостью, которую могут занимать различные соразмерные фармаконы [1–3]. В работе [16] выполнены квантовохимические расчеты устойчивости таких самоассоциатов. Наиболее энергетически выгодным оказался димер, построенный по типу «голова к хвосту». Кроме того, в масс-спектрах GC (ионизация электрораспылением) были идентифицированы пики ионов  $[2M^{GA}-H]^-$  и  $[2M^{GA}-3H]^{3-}$  (pH 2.0) [16], а также  $[2M^{GA}+NH_4]^+$  [17].

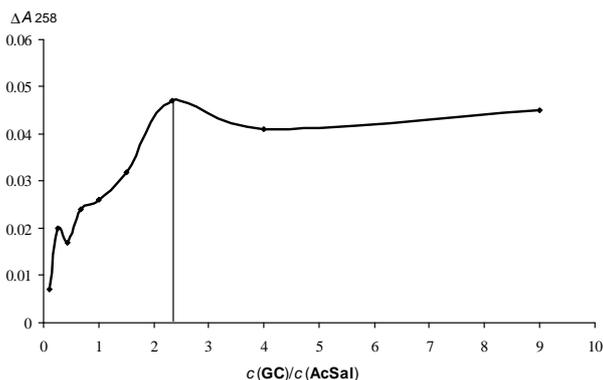


Рис. 2. Зависимость изменения оптической плотности  $\Delta A$  от соотношения компонентов изомолярной серии при  $\lambda = 258$  нм:  $c(\text{AcSal}) = 10^{-4}$  М,  $c(\text{GC}) = 10^{-4}$  М (pH 7.2; фосфатный буфер  $\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{--NaH}_2\text{PO}_4$ ).

С учетом найденного состава для комплекса AcSal и GC можно предположить, что он устроен по типу клатрата, в котором полость образована димерным ассоциатом GC (рис. 4). В полости располагается молекула AcSal. Межмолекулярное взаимодействие может осуществляться за счет водородных связей с участием карбоксильной группы и группы C=O ацетильного фрагмента AcSal и OH-групп углеводной части GC. Возможны гидрофобные взаимодействия ароматического кольца AcSal и неполярного агликона GC.

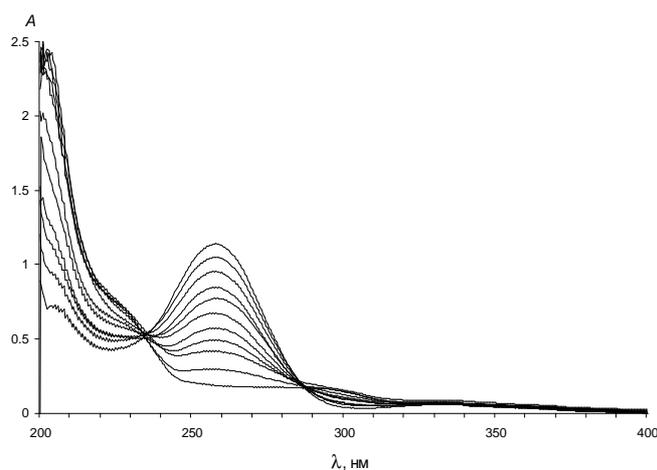


Рис. 3. Кривые поглощения изомолярной серии растворов:  $c(\text{AcSal}) = 10^{-4} \text{ M}$ ,  $c(\text{GC}) = 10^{-4} \text{ M}$  (pH 7.2; фосфатный буфер  $\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{-NaH}_2\text{PO}_4$ ).

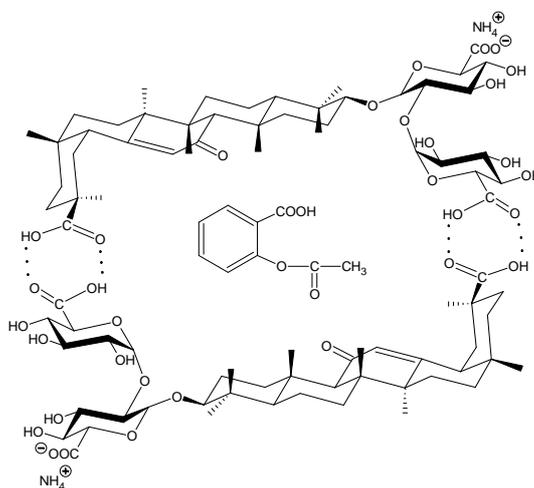


Рис. 4. Схематическое изображение молекулярного комплекса GC с AcSal.

**Молекулярные комплексы гликозидов плюща с аспирином.** Состав комплексов AcSal с гликозидами **1** и **2** также определен методом изомолярных серий. На Рис. 5 показаны изомолярные кривые, на основе которых для компонентов установлены молярные отношения  $\approx 1.0$ , что соответствует комплексам состава 1:1. Образование комплексов такого же состава было зафиксировано в смесях AcSal с гликозидами **1** и **2** методом масс-спектрометрии с ионизацией электрораспылением [12].

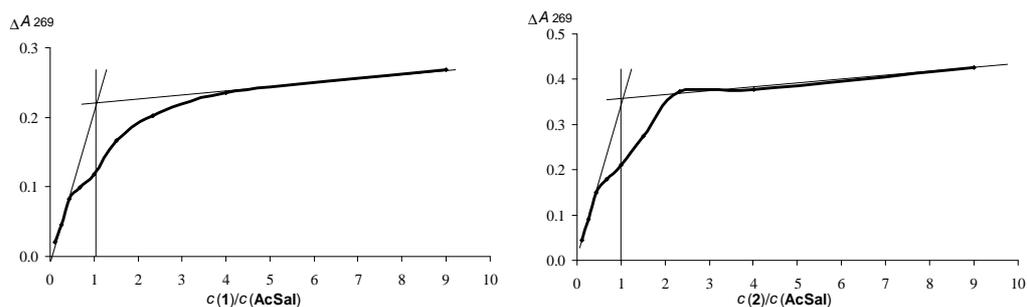


Рис. 5. Зависимости изменения оптической плотности  $\Delta A$  от соотношения компонентов изомолярных серий при  $\lambda = 269$  нм:  $c(\text{AcSal}) = 5 \cdot 10^{-4}$  М,  $c(1) = 5 \cdot 10^{-4}$  М,  $c(2) = 5 \cdot 10^{-4}$  М (рН 7.2; фосфатный буфер  $\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{--NaH}_2\text{PO}_4$ ).

Спектр поглощения изомолярной серии растворов AcSal и гликозида **1** имеет изобестическую точку при 253 нм. Для изомолярной серии, составленной для растворов AcSal и гликозида **2**, изобестическая точка найдена при 247 нм.

### ВЫВОДЫ

1. Спектрофотометрически исследовано взаимодействие AcSal с GC и гликозидами **1** и **2** в водных растворах.
2. Методом изомолярных серий установлено, что межмолекулярный комплекс AcSal–GC имеет состав 1:2. Комплексы AcSal с гликозидами **1** и **2** имеют состав 1:1.

### Список литературы

1. Солодка: Биоразнообразие, химия, применение в медицине / [Г.А. Толстикова, Л.А. Балтина, В.П. Гранкина и др.]. – Новосибирск: Гео, 2007. – 311 с.
2. Tolstikova T.G. The complexes of drugs with carbohydrate-containing plant metabolites as pharmacologically promising agents / T.G. Tolstikova, M.V. Khvostov, A.O. Bryzgalov // *Mini Rev. Med. Chem.* – 2009. – Vol. 9, № 11. – P. 1317–1328.
3. Толстикова Т.Г. На пути к низкодозным лекарствам / Т.Г. Толстикова, А.Г. Толстикова, Г.А. Толстикова // *Вестник РАН.* – 2007. – Т. 77, № 10. – С. 867–874.
4. Molecular complexation of ivy saponins with some drugs and biologically active substances / L.A. Yakovishin, V.I. Grishkovets, G. Schroeder, N.I. Borisenko // *Functionalized molecules – synthesis, properties and application*; ed. V.I. Rybachenko. – Donetsk: Schidnyj vydavnyczyj dim, 2010. – Chapter 4. – P. 85–103.
5. Толстикова Г.А. Комплексы  $\beta$ -глицирризиновой кислоты с лекарственными веществами как новые транспортные формы / Г.А. Толстикова, Ю.И. Муринов, Л.А. Балтина // *Хим.-фарм. журн.* – 1990. – № 8. – С. 26–27.
6. Комплексы  $\beta$ -глицирризиновой кислоты с нестероидными противовоспалительными средствами как новые транспортные формы / Г.А. Толстикова, Л.А. Балтина, Ю.И. Муринов [и др.] // *Хим.-фарм. журн.* – 1991. – № 2. – С. 29–32.
7. Получение и исследование ulcerогенной активности быстрорастворимых твердых дисперсных систем на основе ацетилсалициловой кислоты и биологически активных соединений солодки / А.В. Душкин, Л.М. Карнатовская, Е.Н. Чабуева [и др.] // *Хим.-фарм. журн.* – 2001. – № 11. – С. 21–23.
8. Фармакологическая активность комплексов нестероидных противовоспалительных препаратов с глицирризиновой кислотой, полученных методами жидкофазного и твердофазного синтеза / И.В. Сорокина, Т.Г. Толстикова, М.П. Долгих [и др.] // *Хим.-фарм. журн.* – 2002. – № 1. – С. 12–13.

9. Тезисы докл. Всерос. конф. по органической химии, посвященной 75-летию со дня основания Института органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, 25–30 окт. 2009 г., Москва. – М.: Импр. – 2009. – С. 271.
10. Papers of Intern. research-practice conf. «Pharmacy of Kazakhstan: integration of science, education and production», 15–16 May 2009, Shymkent. – Shymkent: ukgma. – 2009. – Vol. 1. – P. 83–86.
11. Яковишин Л.А. Молекулярное комплексообразование тритерпеновых гликозидов с аспирином / Л.А. Яковишин, В.И. Гришковец, Е.Н. Корж // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 288–293.
12. Электроспрей-ионизационная масс-спектрометрия смесей тритерпеновых гликозидов с ацетилсалициловой кислотой (аспирином) / Лекарь А.В., Яковишин Л.А., Борисенко С.Н. [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 3. – С. 291–297.
13. Тритерпеновые гликозиды *Hedera taurica* I. Строение таурозида E из листьев *Hedera taurica* / А.С. Шашков, В.И. Гришковец, А.А. Лолойко [и др.] // Химия природ. соедин. – 1987. – № 3. – С. 363–366.
14. Тритерпеновые гликозиды *Hedera canariensis* I. Строение гликозидов L-A, L-B<sub>1</sub>, L-B<sub>2</sub>, L-C, L-D, L-E<sub>1</sub>, L-G<sub>1</sub>, L-G<sub>2</sub>, L-G<sub>3</sub>, L-G<sub>4</sub>, L-H<sub>1</sub>, L-H<sub>2</sub> и L-I<sub>1</sub> из листьев *Hedera canariensis* / В.И. Гришковец, Д.Ю. Сидоров, Л.А. Яковишин [и др.] // Химия природ. соедин. – 1996. – № 3. – С. 377–383.
15. Булатов М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа / М.И. Булатов, И.П. Калинин. – [5-е изд.]. – Л.: Химия, 1986. – 432 с.
16. Процессы самоассоциации молекул глицирризиновой кислоты: масс-спектральное и квантово-химическое исследование / А.В. Лекарь, А.А. Милов, С.Н. Борисенко [и др.] // Вестник Южного научн. центра РАН. – 2012. – Т. 8, № 2. – С. 18–26.
17. Материалы VII Междунар. научно-технич. конф. «Актуальные вопросы биологической физики и химии. БФФХ–2012», 23–27 апр. 2012 г., Севастополь. – Севастополь: Изд-во СевНТУ. – 2012. – С. 253–254.

**Яковишин Л.О. Спектрофотометрія молекулярного комплексоутворення тритерпенових глікозидів солодцю та плюща з аспирином / Л.О. Яковішин // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 279–284.**

Методом спектрофотометрії досліджено комплексоутворення моноамонійної солі гліцирризинової кислоти (гліцираму),  $\alpha$ -хедерину (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопіранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабінопіранозиду хедерагеніну) та хедерасAPONІНУ С (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопіранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабінопіранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопіранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопіранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопіранозиду хедерагеніну) з аспирином у водних розчинах. Показано, що гліцирам утворює з аспирином клатрат складу 2:1.  $\alpha$ -Хедерин і хедерасAPONІН С утворюють з аспирином молекулярні комплекси складу 1:1.

**Ключові слова.** тритерпенові глікозиди, гліцирризинова кислота, гліцирам,  $\alpha$ -хедерин, хедерасAPONІН С, аспірин, молекулярний комплекс, спектрофотометрія.

**Yakovishin L.A. Spectrophotometry of the molecular complexation of licorice and ivy triterpene glycosides with aspirin / L.A. Yakovishin // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 4. – P. 279–284.**

Using a method of spectrophotometry, the complexation of monoammonium glycyrrhizinate (glycyram),  $\alpha$ -hederin (hederagenin 3-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-arabinopyranoside) and hederasaponin C (hederagenin 3-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-arabinopyranosyl-28-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-glucopyranoside) with aspirin in aqueous solutions was investigated. Glycyram has been shown to form clathrate with aspirin the ratio of 2:1.  $\alpha$ -Hederin and hederasaponin C form complexes with aspirin in the 1:1 molar proportion.

**Keywords.** triterpene glycosides, glycyrrhizic acid, glycyram,  $\alpha$ -hederin, hederasaponin C, aspirin, molecular complex, spectrophotometry.

Поступила в редакцію 29.11.2012 г.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Алиева З.К.** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка кафедры физиологии человека и животных и биофизики
- Баттерс Терри Д.** Институт гликобиологии Оксфордского университета, доцент факультета биохимии, заведующий лабораторией химии и биологии ингибиторов – иминосахаров
- Богдановская Надежда Васильевна** Запорожский национальный университет, доктор биологических наук, профессор кафедры физической реабилитации, e-mail: nadezhdabg@rambler.ru
- Вовчук Ирина Леонидовна** Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии биологического факультета
- Вяткина Оксана Валерьевна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кафедра физической и аналитической химии, к.х.н., доцент; e-mail: oksana\_vyatkina@list.ru
- Годлевская Елена Витальевна** Институт зоологии им. И.И. Шмальгаузена НАН Украины, кандидат биол. наук, мл. науч. сотр. отдела фауны и систематики позвоночных, e-mail: lgodlevska@izan.kiev.ua
- Гольдин Павел Евгеньевич** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии, e-mail: pavelgoldin412@gmail.com
- Гордієнко Юлія Анатоліївна** КЗ «Дніпропетровська міська багатопрофільна клінічна лікарня №4» Дніпропетровської обласної ради», ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України» здобувач кафедри біохімії, медичної та фармацевтичної хімії, біохімік КДЛ, e-mail: gordienko.ju@gmail.com
- Гуральчук Жанна Захарівна** Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, старший науковий співробітник відділу фізіології дії гербіцидів, e-mail: azhanna@ukr.net
- Джелдубаева Эльвиза Рашидовна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
- Епишкин Игорь Владимирович** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, соискатель кафедры физиологии человека и животных и биофизики, младший научный сотрудник, e-mail: igor.epishkin2013@yandex.ua

|   |   |
|---|---|
| <b>Ёлкина<br/>Наталья Маратовна</b>         | Крымский факультет Запорожского национального университета, кафедра физического воспитания, спорта и здоровья человека  |
| <b>Зильберварг<br/>Ирина Руслановна</b>     | ЮФ НУБиП Украины «КАТУ», к. б. н., доцент кафедры биотехнологий, генетики и физиологии растений, факультет лесного, садово-паркового и охотничьего хозяйства, e-mail: zironika07@ Rambler.ru    |
| <b>Иванова<br/>Наталья Николаевна</b>       | Никитский ботанический сад, ННЦ НААН Украины, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимии, биотехнологии и вирусологии растений, e-mail: natanikivan@ yandex.ru |
| <b>Калиновский<br/>Павел Сергеевич</b>      | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, заведующий гербарием кафедры ботаники и физиологии растений, e-mail: 060394178@mail.ru                  |
| <b>Кириллова<br/>Алла Викторовна</b>        | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики   |
| <b>Кисилев<br/>Богдан Анатольевич</b>       | Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, УНЦ “Институт биологии”, студент IV курсу дневной формы обучения каф. физиологии человека и животных                                   |
| <b>Ковблюк<br/>Николай Михайлович</b>       | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доцент кафедры зоологии, e-mail: kovblyuk@mail.ru  |
| <b>Конарева<br/>Ирина Николаевна</b>        | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей психологии, e-mail: psyphysiol_lab@ukr.net   |
| <b>Коренюк<br/>Иван Иванович</b>            | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики  |
| <b>Костюк<br/>Александра Сергеевна</b>      | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: alexkostyuk@mail.ru  |
| <b>Крымова<br/>Валентина<br/>Витальевна</b> | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат химических наук, доцент кафедры физической и аналитической химии  |
| <b>Кузьменко<br/>Олена Вікторівна</b>       | ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України», молодший науковий співробітник, e-mail: kuzmenko@mail.ru  |

|   |   |
|---|---|
| <b>Кулініч<br/>Анна Олександрівна</b>       | ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», кандидат біологічних наук, викладач кафедри біохімії, медичної та фармацевтичної хімії, e-mail: akulinich@ymail.com   |
| <b>Кутявина Ю.Н.</b>                        | Таврический национальный университет им.В.И. Вернадського, студентка 5 курса биологического факультета специализации физиология растений и биотехнология  |
| <b>Лебедева<br/>Ирина Александровна</b>     | Херсонский национальный технический университет, кандидат химических наук, ассистент  |
| <b>Лизогуб<br/>Володимир<br/>Сергійович</b> | НДІ імені Михайла Босого Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, директор, доктор біологічних наук, професор, e-mail: v_lizogub@ukr.net   |
| <b>Макаренко<br/>Микола Васильович</b>      | Науково-дослідний центр гуманітарних проблем Збройних сил України, провідний науковий співробітник відділу воєнно-психологічних досліджень, доктор біологічних наук, професор                                       |
| <b>Мартинюк<br/>Віктор Семенович</b>        | ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біофізики, заступник директора з наукової роботи                          |
| <b>Митрофанова<br/>Ирина Вячеславовна</b>   | Никитского ботанического сада - Национального научного центра НААН Украины, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии, биотехнологии и вирусологии растений                         |
| <b>Мордерер<br/>Євген Юлійович</b>          | Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, д.б.н., завідувач відділом фізіології дії гербіцидів, e-mail: emorderer@mail.ru   |
| <b>Михальська<br/>Людмила Миколаївна</b>    | Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, молодший науковий співробітник відділу фізіології живлення рослин, e-mail: Mykhalskaya_L@ukr.net  |
| <b>Нетреба<br/>Евгений Евгеньевич</b>       | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физической и аналитической химии, e-mail: evgtnu@gmail.com  |
| <b>Нурищенко<br/>Наталія Євгенівна</b>      | ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор біологічних наук, професор, завідувач відділу біофізики Інституту фізіології імені академіка Петра Богача               |
| <b>Омельченко<br/>Светлана Олеговна</b>     | Государственное предприятие «Крымский научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации», заведующая микробиологической лабораторией АИЦ, кандидат биологических наук, e-mail: omesol@ukr.net |

|  |  |
|--|--|
| <b>Панов<br/>Денис Александрович</b>           | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.х.н., доцент кафедры физической и аналитической химии, тел. (0652) 608497, e-mail: mendes@inbox.ru                                |
| <b>Панова<br/>Светлана Алексеевна</b>          | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики  |
| <b>Петров<br/>Сергей Анатольевич</b>           | ОНУ им. И.И. Мечникова, д.б.н., профессор кафедры биохимии биологического факультета   |
| <b>Письменецкая<br/>Ирина Юрьевна</b>          | Днепропетровская государственная медицинская академия, доцент кафедры биохимии, медицинской и фармацевтической химии, e-mail: pirina2004@list.ru   |
| <b>Повстяной<br/>Вячеслав Михайлович</b>       | Херсонский национальный технический университет, кандидат химических наук, доцент, e-mail: povst@inbox.ru  |
| <b>Повстяной<br/>Михаил Васильевич</b>         | Херсонский национальный технический университет, доктор химических наук, профессор   |
| <b>Подопригора<br/>Владимир<br/>Николаевич</b> | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, ассистент кафедры зоологии, e-mail: niphon@mail.ru   |
| <b>Подпалова<br/>Ольга Николаївна</b>          | ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, аспірантка кафедри біофізики  |
| <b>Радіонов<br/>Денис Борисович</b>            | Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, біологічний факультет, кафедра генетики та молекулярної біології, завідувач лабораторії фізико-хімічних методів досліджень в біології |
| <b>Решетник<br/>Галина Васильевна</b>          | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.б.н., старший преподаватель кафедры физиологии растений и биотехнологии   |
| <b>Решетняк<br/>Ольга Анатольевна</b>          | Таврический Национальный Университет им. В.И. Вернадского, факультет физической культуры и спорта, кафедра теории и методики физической культуры, кандидат биологических наук                  |
| <b>Родзевич<br/>Олена Петрівна</b>             | Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, молодший науковий співробітник відділу фізіології дії гербіцидів   |
| <b>Скляр<br/>Вікторія Григорівна</b>           | Сумський національний аграрний університет, кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри ботаніки та фізіології сільськогосподарських рослин, e-mail: skvig @ mail.ru                  |

|   |  |
|---|--|
| <b>Соловьев<br/>Виктор Васильевич</b>         | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, преподаватель кафедры зоологии, e-mail: viktor.screb@yandex.ru  |
| <b>Сорокіна<br/>Світлана Іванівна</b>         | Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, аспірантка відділу фізіології дії гербіцидів, e-mail: ssorokina73@mail.ru  |
| <b>Теплицкая<br/>Людмила Михайловна</b>       | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.б.н., доцент кафедры физиологии растений и биотехнологии, e-mail: lm_teplitskaya@ukr.net  |
| <b>Трибрат<br/>Наталья Сергеевна</b>          | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, ассистент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tribratnatalia@rambler.ru  |
| <b>Туманянц<br/>Каринэ Николаевна</b>         | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, научный сотрудник по ПНИЛ, преподаватель кафедры медико-биологических основ физической культуры, e-mail: timur328@gmail.com  |
| <b>Устянська<br/>Ольга Володимирівна</b>      | Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, біологічний факультет, кафедра біохімії, ст. лаборант, e-mail: ustjansky_olga@ukr.net   |
| <b>Федоренко<br/>Александр<br/>Михайлович</b> | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор химических наук, профессор кафедры физической и аналитической химии, e-mail: fedoram37@gmail.com   |
| <b>Филимонова<br/>Наталья Борисовна</b>       | Отдел Физиологии мозга и психофизиологии, Институт физиологии имени академика Петра Богача, УНЦ “Институт биологии” Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, канд.физ.-мат.наук; старший научный сотрудник, e-mail: filimonova@univ.kiev.ua |
| <b>Ходаніцький<br/>Віталій Казимирович</b>    | Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, молодший науковий співробітник відділу фізіології живлення рослин, e-mail: xvk1@yandex.ru  |
| <b>Цейслер<br/>Юлія Вадимівна</b>             | Інституту фізіології імені академіка Петра Богача ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету Імені Тараса Шевченка, кандидат біологічних наук, молодший науковий співробітник відділу «Біофізики»   |
| <b>Черетаев<br/>Игорь Владимирович</b>        | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, зав. лабораторией охраны труда кафедры валеологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: 5612178@ukr.net   |
| <b>Чернадчук<br/>Снежана Сергійовна</b>       | Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, біологічний факультет, кафедра біохімії, кандидат біологічних наук, доцент кафедри біохімії, e-mail: chuk32@yandex.ua  |

|  |  |
|--|--|
| <b>Черненко<br/>Наталія Павлівна</b>         | Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, викладач кафедри анатомії та фізіології людини і тварин   |
| <b>Чуян<br/>Елена Николаевна</b>             | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, первый проректор, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: elena-chuyan@rambler.ru |
| <b>Шаульська<br/>Ольга Едуардівна</b>        | ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», викладач кафедри біохімії, медичної та фармацевтичної хімії, e-mail: gruntik07@mail.ru   |
| <b>Шевцова<br/>Алла Іванівна</b>             | ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», доктор біологічних наук, професор кафедри біохімії, медичної та фармацевтичної хімії, e-mail: shevtsova-a@mail.ru  |
| <b>Шишкіна<br/>Елена Леонидовна</b>          | Никитский ботанический сад – Национальный научный центр НААН Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории южных плодовых культур   |
| <b>Щербин<br/>Едуард Андреевич</b>           | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студент 5 курса химического факультета  |
| <b>Юркова<br/>Ирина Николаевна</b>           | Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Биотехнологический центр, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: nanosilver@rambler.ru  |
| <b>Юхименко<br/>Лілія Іванівна</b>           | Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, кандидат біологічних наук, професор   |
| <b>Яковишин<br/>Леонид<br/>Александрович</b> | Севастопольский национальный технический университет, кандидат химических наук, доцент кафедры физики (цикл химии), e-mail: chemsevntu@rambler.ru.   |
| <b>Янцев<br/>Александр<br/>Викторович</b>    | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики  |
| <b>Ярмолюк<br/>Наталья Сергеевна</b>         | Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, преподаватель кафедры медико-биологических основ физической культуры, e-mail: nat_yarm@mail.ru                             |

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Богдановська Н.В.**

ОКСИД АЗОТУ ЯК РЕГУЛЯТОР АДАПТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗМУ  
ПРАКТИЧНО ЗДОРОВИХ ЮНАКІВ І ДІВЧАТ .....3

**Годлевская Е.В.**

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ КОНТАКТ-ЦЕНТРА ПО РУКОКРЫТЫМ (УКРАИНА)..... 12

**Гольдин П.Е.**

НЕОБЫЧНОЕ СТРОЕНИЕ ТАЗОВОЙ КОСТИ У МОРСКОЙ СВИНЬИ  
*RHOSOENA RHOSOENA* (CETACEA, RHOSOENIDAE).....21

**Гордієнко Ю.А., Кулініч А.А., Шаульська О.Е., Шевцова А.І.**

ВПЛИВ КОРВІТИНУ НА АКТИВНІСТЬ ПРОТЕОЛІТИЧНИХ ФЕРМЕНТІВ  
У ЩУРІВ З АНТРАЦИКЛІНОВОЮ КАРДІОПАТІЄЮ .....26

**Гуральчук Ж.З., Сорокіна С.І., Родзевич О.П., Мордерер Є.Ю.**

АЗОТФІКСУВАЛЬНА АКТИВНІСТЬ СО<sub>2</sub> ЗА СУМІСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ  
ГЕРБИЦИДІВ І МІКРОДОБРІВ.....34

**Епишкин И.В., Коренюк.И.И., Черетаев И.В.**

ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛГЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
1,5-БЕНЗОДИАЗЕПИНОН-2 И ЕГО НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ.....42

**Ёлкина Н.М.**

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПРОТЕИНОВ В ЭРИТРОЦИТАХ БОЛЬНЫХ  
ЭРИТРОЕМИЕЙ, АПЛАСТИЧЕСКОЙ И ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОЙ АНЕМИЕЙ .....49

**Зильберварг И.Р.**

АССОРТИМЕНТ МНОГОЛЕТНИХ ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ САДА В  
ЯПОНСКОМ СТИЛЕ В УСЛОВИЯХ КРЫМА. ....54

**Иванова Н.Н., Митрофанова И.В., Шишкина Е.Л.**

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭКСПЛАНТОВ ФЕЙХОА НА ЭТАПЕ  
ВВЕДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO* .....67

**Калиновский П.С., Подопрязора В.Н.**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВОДНОЙ  
ЭКОСИСТЕМЫ В ШАХТНОЙ ВОДЕ .....72

**Кисилев Б.А., Филимонова Н.Б.**

АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА МУЖЧИН ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СУБТЕСТА  
ЛОГИЧЕСКОГО ОТБОРА ТЕСТА СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТА АМТХАУЭРА.....78

**Ковблюк Н.М.**

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ПАУКАХ (ARACHNIDA: ARANEI)  
ЯЛТИНСКОГО ГОРНО-ЛЕСНОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА (КРЫМ) .....82

**Конарева И.Н.**

ЭЛЕКТРОГРАФИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ АГРЕССИВНОСТИ КАК СВОЙСТВА  
ЛИЧНОСТИ (ОБЗОР) .....98

|   |     |
|---|-----|
| <b>Костюк А.С.</b><br>ВЛИЯНИЕ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФАКТОРОВ НА ИНФРАДИАННУЮ РИТМИКУ НОЦИЦЕПЦИИ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ .....  | 111 |
| <b>Кузьменко О.В.</b><br>ВІДНОВЛЕННЯ ДОБОВОГО РИТМУ ПОКАЗНИКІВ КРОВОТВОРЕННЯ Й ІМУНІТЕТУ ПІСЛЯ РАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ .....  | 122 |
| <b>Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Юхименко Л.І., Черненко Н.П.</b><br>ГЕМОДИНАМІКА ГОЛОВНОГО МОЗКУ ТА СЕРЦЕВИЙ РИТМ ПРИ РОЗУМОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДЕЙ З РІЗНИМИ ІНДИВІДУАЛЬНО-ТИПОЛОГІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ВИЩИХ ВІДДІЛІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ . | 136 |
| <b>Омельченко С.О.</b><br>ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ .....  | 144 |
| <b>Панова С.А, Кириллова А.В., Янцев А.В., Алиева З.К.</b><br>ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЩЕЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМНЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА ДЕВУШЕК 18-22 ЛЕТ .....   | 152 |
| <b>Письменецька І.Ю., Баттерс Т.Д.</b><br>АНАЛІЗ ЗАРЯДЖЕНОЇ ФРАКЦІЇ ВІЛЬНИХ ОЛІГОСАХАРИДІВ ПЛАЗМИ КРОВІ ПРАКТИЧНО ЗДОРОВИХ ДОНОРІВ .....  | 159 |
| <b>Подпалова О.М., Цейслер Ю.В., Нурищенко Н.Є., Мартинюк В.С.</b><br>АТФ-азна АКТИВНІСТЬ АКТОМІОЗИНУ СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗІВ ЩУРІВ ПРИ ХРОНІЧНІЙ ТРИВАЛІЙ АЛКОГОЛІЗАЦІЇ.....  | 166 |
| <b>Решетняк О.А.</b><br>ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ОТ УРОВНЯ ТОКСИЧНЫХ И ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ СПОРТСМЕНОВ .....   | 171 |
| <b>Скляр В.Г.</b><br>ОНТОГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЙ ЦЕНОЗОУТВОРЮЮЧИХ ДЕРЕВНИХ ПОРІД В МІШАНИХ ТА ШИРОКОЛИСТЯНИХ ЛІСАХ НОВГОРОД-СІБЕРСЬКОГО ПОЛІССЯ.....  | 179 |
| <b>Соловьев В.В.</b><br>ОБОРОНИТЕЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ КРЫМСКОГО БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ <i>CERVUS ELAPHUS</i> .....   | 186 |
| <b>Теплицкая Л.М., Юркова И.Н., Кутявина Ю.Н., Решетник Г.В.</b><br>ВЛИЯНИЕ МАРГАНЦА НА РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ <i>ASTRAGALUS DASYANTHUS</i> (PALL.) В КУЛЬТУРЕ <i>IN VITRO</i> .....   | 193 |
| <b>Туманянц К.Н.</b><br>ДИНАМІКА І ІНФРАДИАННАЯ РИТМИКА РЕГЕНЕРАТОРНИХ ПРОЦЕСІВ ПЛАНАРІЙ <i>DUGESIA TIGRINA</i> ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ЭМП КРАЙНИХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНОВ .....  | 202 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Устянська О.В., Вовчук І.Л., Радіонов Д.Б., Чернадчук С.С., Петров С.А.</b><br>ВІВЧЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІАМІНУ ТА ЙОГО МЕТАБОЛІТІВ З ЧАСТКОВО<br>ОЧИЩЕНИМ КАТЕПСИНОМ L .....  | 209 |
| <b>Ходаніцький В.К., Михальська Л.М.</b><br>ВПЛИВ ОСІНЬОГО ВНЕСЕННЯ БЕЗВОДНОГО АМІАКУ НА ЕЛЕМЕНТНИЙ<br>СКЛАД ҐРУНТУ І РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....  | 215 |
| <b>Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р., Трибрат Н.С.</b><br>ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НОЦИЦЕПТИВНОГО ФЛЕКСОРНОГО РЕФЛЕКСА<br>ПОД ВЛИЯНИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО<br>ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ. ....                         | 220 |
| <b>Ярмолук Н.С.</b><br>ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ РЕГЕНЕРИРУЮЩИХ И<br>НЕРЕГЕНЕРИРУЮЩИХ ПЛАНАРИЙ <i>DUGESIA TIGRINA</i> В УСЛОВИЯХ<br>СЛАБОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ. ....                                      | 230 |
| <b>ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>   |     |
| <b>Вяткина О.В.</b><br>ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ПОДЛОЖКИ НА МЕХАНИЗМ СОРБЦИИ ПЕРОКСИДАЗЫ<br>РЕДЬКИ ЧЕРНОЙ.....   | 239 |
| <b>Крымова В.В., Щербин Э.А.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АДСОРБЦИИ ИОНОВ Fe <sup>3+</sup> НА БЕНТОНИТАХ.  | 248 |
| <b>Нетреба Е.Е., Федоренко А.М.</b><br>СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ<br>СТРУКТУРЫ КООРДИНАЦИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ НИТРАТА ЛАНТАНА(III) С<br>4,4,10,10-ТЕТРАМЕТИЛ-1,3,7,9-ТЕТРААЗОСПИРО[5.5]УНДЕКАН-2,8-ДИОНОМ .. | 255 |
| <b>Панов Д.А.</b><br>ТРИТЕРПЕНОВЫЕ ГЛИКОЗИДЫ ЦВЕТОЧНЫХ БУТОНОВ ЛОМОНОСА<br>ВИНОГРАДОЛИСТНОГО <i>CLEMATIS VITALBA</i> .....  | 264 |
| <b>Повстяной М.В., Федоренко А.М., Повстяной В.М., Лебедева И.А</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ АМИНОКИСЛОТ В ГЕТЕРОЦИКЛИЗАЦИИ 7,8-<br>ДИФУНКЦИОНАЛЬНО ЗАМЕЩЕННЫХ ТЕОФИЛЛИНОВ ДО ПРОИЗВОДНЫХ<br>ИМИДАЗО(1,2-f)ТЕОФИЛЛИНОВ.....                    | 271 |
| <b>Яковичин Л.А.</b><br>СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ<br>ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ СОЛОДКИ И ПЛЮЩА С АСПИРИНОМ .....  | 279 |
| <b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....</b>   | 285 |
| <b>СОДЕРЖАНИЕ .....</b>   | 291 |