

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

**КРЫМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА имени В. И. ВЕРНАДСКОГО.
БИОЛОГИЯ. ХИМИЯ**

Научный журнал

Том 1 (67), № 1

Журнал «Ученые записки Крымского федерального
университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия»
является историческим правопреемником журнала «Ученые записки
Таврического университета», который издается с 1918 г.

**Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского
Симферополь, 2015**

Печатается по решению Ученого совета Крымского федерального
университета имени В. И. Вернадского, протокол № 17 от 4 декабря 2015 г.

Редакционный совет журнала
«Ученые записки Крымского федерального университета
имени В. И. Вернадского. Биология. Химия»:

Главный редактор - Чуян Елена Николаевна, д. б. н., проф.

Раздел «Биология»:

1. Ивашов Анатолий Васильевич, д.б.н, проф.
2. Коношенко Светлана Владимировна, д. б. н, проф.
3. Коренюк Иван Иванович, д. б. н, проф.
4. Котов Сергей Федорович, к. б. н., доц.
5. Лебедева Наталья Николаевна, д. б. н., проф.
6. Павленко Владимир Борисович, д. б. н., проф.
7. Симчук Андрей Павлович, д. б. н., проф.
8. Темурьянц Наталья Арменаковна, д. б. н., проф., (редактор раздела «Биология»)

Раздел «Химия»:

9. Гришковец Владимир Иванович, д. х. н., проф., (редактор раздела «Химия»)
10. Еременко Игорь Леонидович, академик РАН
11. Земляков Александр Евгеньевич, д. х. н., проф.
12. Новоторцев Владимир Михайлович, академик РАН
13. Панюшкин Виктор Терентьевич, д. х. н., проф.
14. Федоренко Александр Михайлович, д. х. н., проф.
15. Чирва Василий Яковлевич, д. х. н., проф.
16. Шульгин Виктор Федорович, д. х. н., проф.

Подписано в печать 07.12.2015. Формат 70x100 1/16
30 усл. п. л. Заказ № 2.

Отпечатано в издательском отделе КФУ имени В. И. Вернадского
295007, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, 4
<http://sn-biolchem.cfuv.ru>

UDK 537.86:52.7+58.027

EFFECT OF ALTERNATIVE ELECTRIC FIELDS OF DIFFERENT DIRECTIONS ON THE CRESS ROOTS GRAVITROPIC REACTION IN VERTICAL STATIC MAGNETIC FIELD

Bogatina N. I.¹, Sheykina N. V.², Linnik A. S.¹

¹*B. Verkin Institute for Low Temperature Physics & Engineering of National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, Ukraine.*

²*National University of Pharmacy, Kharkov, Ukraine*

E-mail: n_bogatina@rambler.ru

The gravitropic reaction of cress roots was investigated in static vertical magnetic field and alternative electric field of different directions. The alternative electric field was tuned to cyclotron frequency of Ca^{2+} ions in vertical magnetic field. Three variants were investigated. In the first one the magnetic field and the electric field are parallel between themselves and gravitational vector. So the roots were located perpendicular to all of them. In second and third variants the magnetic field and the electric field are perpendicular to each other and roots were located either perpendicular to electric field (second variant) or parallel to it (third variant). In the first and second variants the essential inhibition of gravitropic reaction was observed.

Keywords: static magnetic field, alternative electric field, gravitropic reaction, roots direction, cyclotron frequency.

INTRODUCTION

The investigation of combined magnetic field (CMF, static and parallel to it alternative magnetic field) influence on the plants roots gravitropic reaction was studied in details before for different relative orientation of fields and roots [1-4]. It was shown that the effect developed essentially on the orientation of roots relatively the CMF[3]. It was shown that the roots direction relatively B_{DC} and B_{AC} (B_{DC} and B_{AC} are inductances of static and alternative magnetic fields) are essential for negative gravitropic reaction and decreasing of gravitropic reaction observation [4]. The effect we obtained may be explained by our theory based on Liboff's hypothesis (the electric field was taken in consideration) and ours previous work [3,4] The breathing of the membrane is important only in the cases when the ions direction of moving is not parallel either for B_{DC} or B_{AC} .

To confirm or deny our hypothesis we change the alternative component of magnetic field by alternative electric field of different orientations. In the work the following variants of roots location relatively to static component of magnetic field and alternative component of electric field were studied.

- At first variant the static magnetic field was directed parallel to the gravitation vector, the alternative electric field was directed parallel to static magnetic field, roots were directed perpendicular to both two fields components and gravitation vector;
- At second variant the static magnetic field was directed parallel to the gravitation vector, the alternative electric field was directed perpendicular to static one, roots were directed parallel to alternative electric field;
- At third variant the static magnetic field was directed parallel to the gravitation vector, the alternative electric field was directed perpendicular to static one, roots were directed perpendicular to both two fields components and gravitation vector.

MATERIALS AND METHODS

The materials and methods of the investigation were described before [2, 3].

The only distinction is the possibility to obtain the electric field that was parallel or perpendicular to gravitation vector. For the purpose the samples were located in capacitance between two non-magnetic planes (fig1,2).

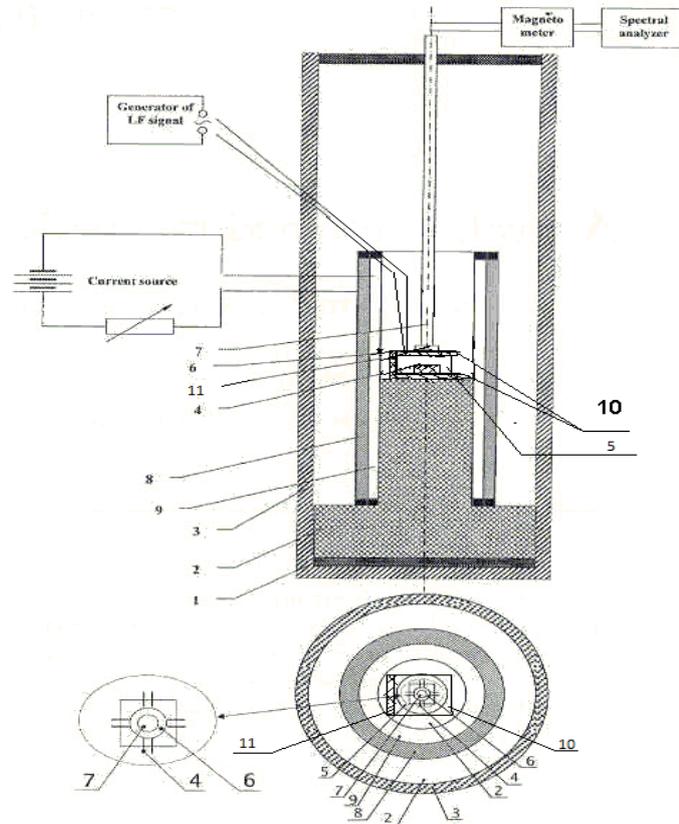


Fig.1. The damping rubber (1) supported the holder of dielectric material (2). The μ -metal shield (3) surrounded the samples (4) that were mounted inside a moist chamber of non-magnetic plastic material (5) and solenoids (8, 9). The magnetic field was measured

and controlled by sensor elements (fluxgate magnetometer or SQUID), (6) inside a holder (7). The solenoids (8, 9) have a cylindrical shape and comprise the system that generates the static magnetic field (9). Two flat plates from non-magnetic material(10) were sourced from LF generator. They are divided by dielectric plate (11). The enlarged central part of the top view shows the orientation of 4 pairs of roots (4), arranged around the magnetic field sensor (7). The coils of solenoids (8, 9) are the spaces between the circles in the bottom part. The space between the innermost circles is the holder of dielectric material (2).

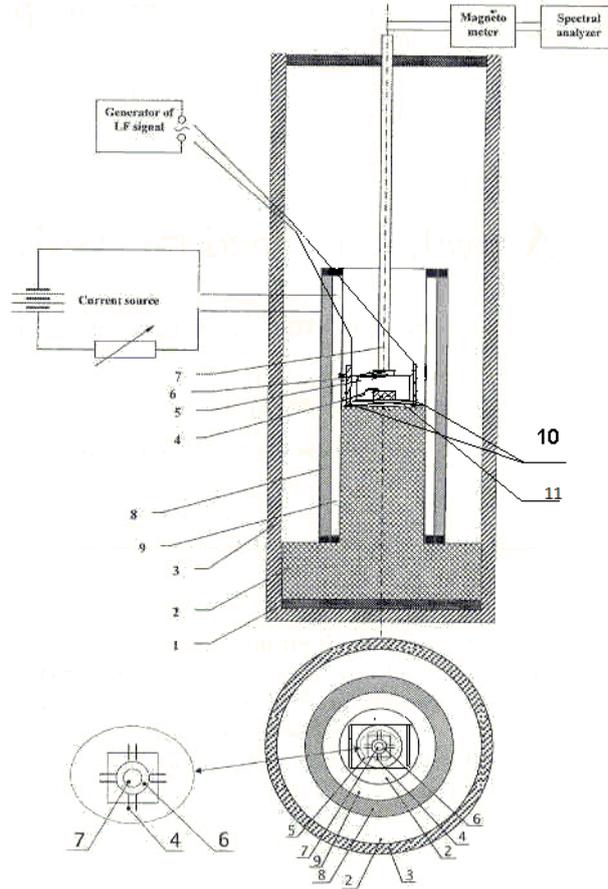


Fig.2. The damping rubber (1) supported the holder of dielectric material (2). The μ -metal shield (3) surrounded the samples (4) that were mounted inside a moist chamber of non-magnetic plastic material (5) and solenoids (8, 9). The magnetic field was measured and controlled by sensor elements (fluxgate magnetometer or SQUID), (6) inside a holder (7). The solenoids (8, 9) have a cylindrical shape and comprise the system that generates the static magnetic field (9). Two flat plates from non-magnetic material(10) were sourced from LF generator. They are divided by dielectric plate (11)/ The enlarged central part of the top view shows the orientation of 4 pairs of roots (4), arranged around the magnetic field sensor (7). The coils of solenoids (8, 9) are the spaces between the circles

in the bottom part. The space between the innermost circles is the holder of dielectric material (2).

The only difference between fig.1 and fig.2 was the orientation of the electric field created by non-magnetic planes.

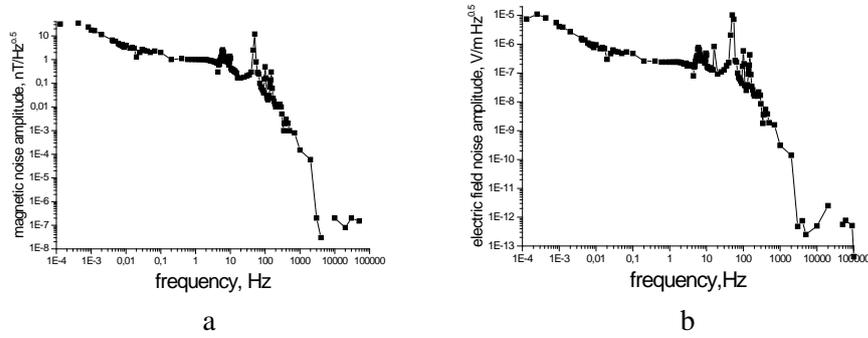
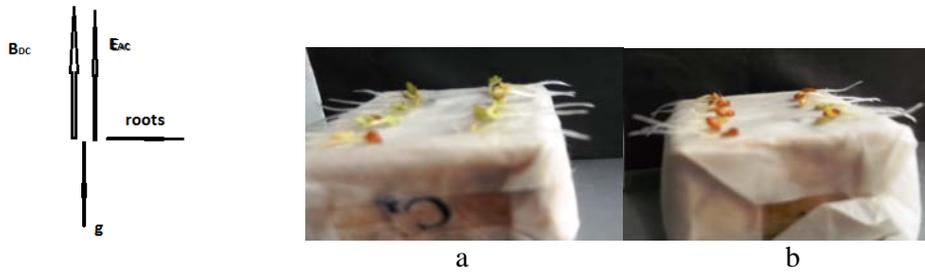


Fig.3. The magnetic (a) and electric (b) fields' noises' dependencies on frequency.

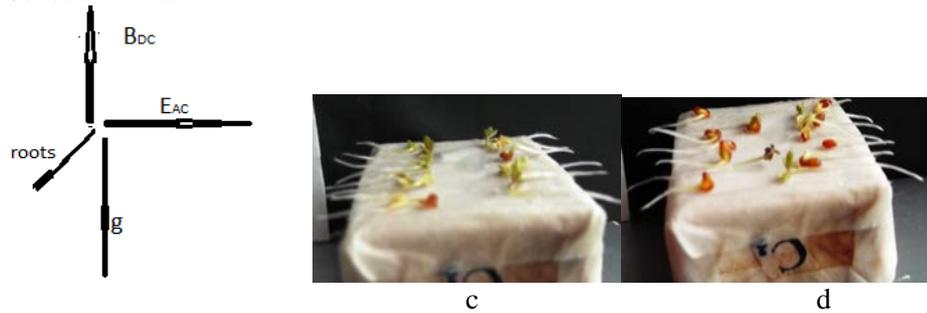
RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained are shown on fig. 4, 5 and 6.

First variant.



Second variant



Third variant

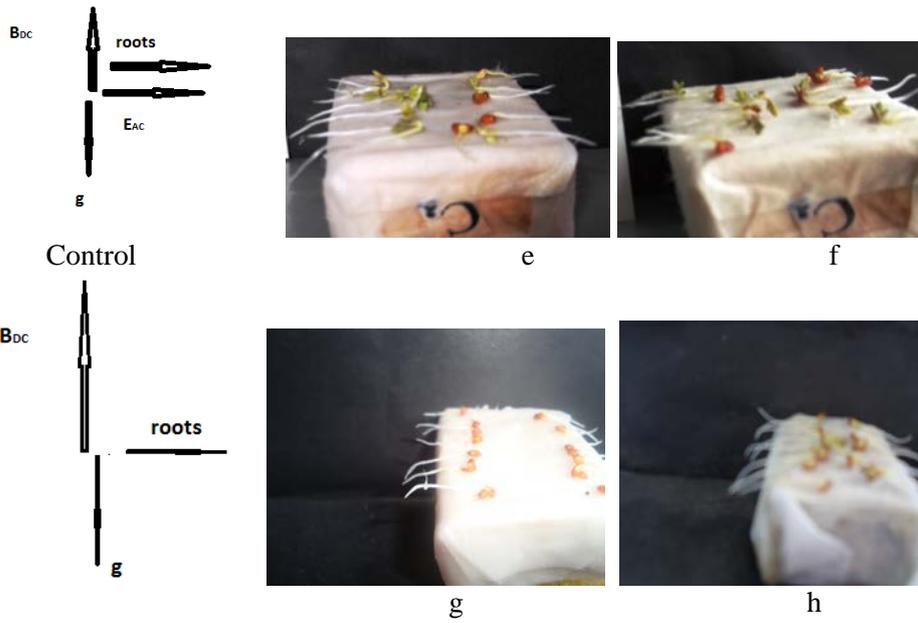


Fig.4. The gravitropic reaction of cress roots for 0.5 (a, c, e, g) and 1 hour (b, d, f, h). The value of static magnetic field induction was equal to $40\mu\text{T}$, the frequency of alternative electric field was equal to 31.75 Hz, and the amplitude of electric field was equal to 100 V/m.

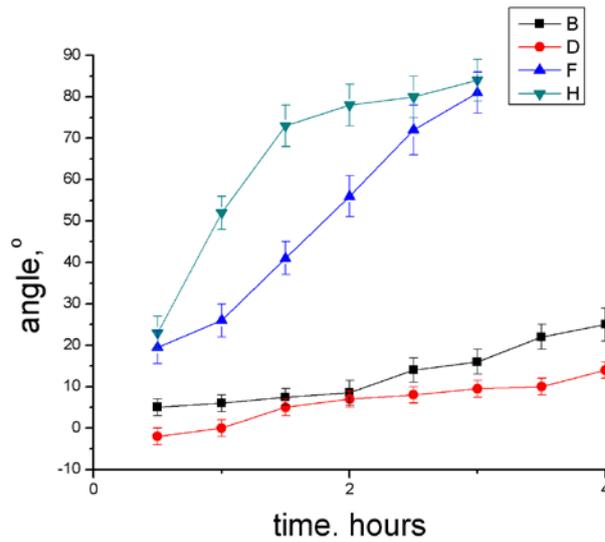


Fig.5. The dependences of divergences of cress roots from the horizontal plane on time. Curve B corresponds to the first variant (alternative electric field is parallel to static

magnetic field and gravitropic vector and roots' direction is perpendicular to all of them) curve D corresponds to the second variant (alternative electric field is perpendicular to static magnetic field and gravitropic vector and roots' direction is perpendicular to all of them), curve F relates to the third variant(alternative electric field is perpendicular to static magnetic field and gravitropic vector and roots' direction is parallel to electric field) and curve H relates to the control experiment. The value of static magnetic field induction was equal to $40\mu\text{T}$, the frequency of alternative electric field was equal to 31.75 Hz, and the amplitude of electric field was equal to 100 V/m.

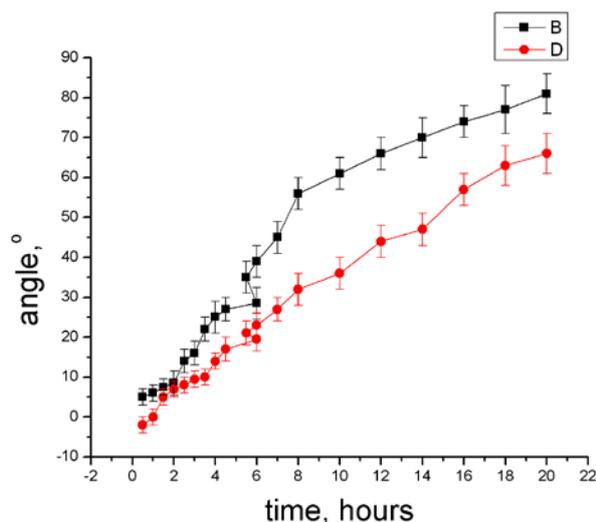


Fig.6. The dependences of divergences of cress roots from the horizontal plane on time. Curve B corresponds to the first variant (alternative electric field is parallel to static magnetic field and gravitropic vector and roots' direction is perpendicular to all of them) curve D corresponds to the second variant (alternative electric field is perpendicular to static magnetic field and gravitropic vector and roots' direction is perpendicular to all of them).

As it is clear from fig.5 the gravitropic reaction velocity depended essentially on the direction of roots growing relatively the alternative electric field direction. At the first and second variants the speed of gravitropic reaction is decreased essentially while at the third variant does not differ from the control experiment. The biological effect was observed only for the amplitude of alternative electric field 100V//m. We didn't observe any effect at the amplitude of alternative electric field 10V//m. We have to notice here that it is impossible to determine the exact value of amplitude of alternative electric field because of the wet environment. It depends on the humidity of the camera and the electric resistance of the root. .

The results obtained in this work confirm the results of our previous works [3, 4]. It was shown in the works [3, 4] that the biological effect on gravitropic reaction existed only in the cases when the roots direction was perpendicular to static or alternative magnetic fields or to both of them. In this work we showed that the same effect existed. The gravitropic reaction

was sensitive to static magnetic field and alternative electric one only when the roots direction coincided with the perpendicular to both static magnetic and the alternative electric fields. So we could conclude that the effect was obtained only for cases when both fields changed the direction of ions moving. So as in the works [3, 4] the main direction of Ca^{2+} ions' moving was the moving along the roots

The effect we obtained may be explained by our theory based on Liboff's hypothesis (the electric field was taken in consideration) and ours previous works. The breathing of the membrane is important only in the cases when the ions direction of moving is not parallel either for B_{DC} or B_{AC} or E_{AC} . We have to notice that while the gravitropic reaction is absent, the roots become thicker. The effect may be connected with water detained in roots.

CONCLUSIONS

1. The direction of roots relatively both static magnetic field and alternative electric field is very important.
2. The effect may be explained by membrane breathing caused by alternative electric field.

References

1. Kordyum E. L., Bogatina N. I., Kalinina Ya. M., Sheykina N. V. Weak combined magnetic field changes root gravitropism *Advances in Space Research.*, **36**, 1229 (2005).
2. Kordyum E., Bogatina N., Sobol M., Kalinina Ja., Kondrachuk A. Cyclotron-based effects on plant gravitropism. *Adv. Space Res.* **39**, 1210 (2007)
3. Bogatina N. I., Sheykina N. V., Kordyum E. L. Maize and cress roots orientation in combined magnetic field change roots gravitropic reaction response on its action. Experiment and new hypothesis . Adaptation mechanism. Proceedings of VI International Congress "Low and superlow magnetic fields and radiation in biology and medicine // 02-06 July Saint-Petersburg, P. 73, (2012)
4. Bogatina N. I., Sheykina N. V., Linnik A. S. Influence of different relative orientation of static and alternative magnetic fields and cress roots on their gravitropic reaction *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University Series «Biology, chemistry»*, 27 (66), 1, 24 (2014).

Богатина Н. И. Влияние переменных электрических полей различных направлений на гравитропическую реакцию корней кресс-салата в вертикальном постоянном магнитном поле / Н. И. Богатина, Н. В. Шейкина, А. С. Линник // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2015. – Т. 1 (67), №1. – С.3–9.

Исследовалась гравитропическая реакция корней кресс-салата в постоянном вертикальном магнитном поле и переменном электрическом поле различных направлений. Переменное электрическое поле настраивали на циклотронную частоту ионов Ca^{2+} в вертикальном магнитном поле. Опыт проводился в при трех различных относительных направлениях магнитного, электрического полей и корней. В первом варианте магнитное и электрическое поля параллельны между собой и вектору гравитации. Таким образом, корни расположены перпендикулярно им всем. Во втором и третьем вариантах магнитное и электрическое поля расположены перпендикулярно друг другу, а корни расположены либо перпендикулярно электрическому полю (второй вариант), либо параллельно ему (третий вариант). В первом и втором варианте наблюдалось существенное угнетение гравитропической реакции.

Ключевые слова: постоянное магнитное поле, переменное электрическое поле, гравитропическая реакция, направление корней, циклотронная частота.

Поступила в редакцию 21.09.2015 г.

УДК 615.32:57.084.1

ТОКСИЧНОСТЬ РОЗОВОГО И ЭРЕМОТЕЦЕВОГО МАСЛА В ОТНОШЕНИИ КУЛЬТУРЫ *PARAMECIUM CAUDATUM*

Величко В. П., Семенова Е. Ф., Стойко Т. Г., Шпичка А. И., Мусеева И. Я.

*Пензенский государственный университет, Пенза, Россия
E-mail: veliechko.v@mail.ru*

Показана возможность сравнительного анализа биологического действия эфирных масел розы крымской и розы болгарской, а также образцов эремотецевого масла с помощью биотеста на токсичность. В качестве тест-организма использовалась культура инфузории *Paramecium caudatum*. Применение экспресс-метода продемонстрировало его высокую информативность, чувствительность и универсальность в отношении масел различного происхождения.

Ключевые слова: *Paramecium caudatum*, эфирное масло, розовое масло, эремотецевоe масло, токсичность.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих тысячелетий роза эфирномасличная являлась источником получения розового эфирного масла [1], однако плантационное культивирование ее не обеспечивает в настоящее время все возрастающие потребности в сырье, что значительно тормозит развитие ряда отраслей промышленности. Розовое масло и розовая вода применяются в парфюмерно-косметическом, кондитерском, мыловаренном и ликероводочном производствах. Масло служит в качестве корриганта фармацевтических препаратов с целью улучшения их вкуса и запаха. Оно обладает умеренным антибактериальным (бактериостатическим) действием. В настоящее время показана возможность альтернативного получения биотехнологического «розового» эфирного масла на основе штаммов *Eremothecium ashybyi* Guilliermond 1935 и *E. gossypii* Kurtzman 1995, сходного по составу с эфирным маслом из свежих цветков розы. Его основными компонентами являются гераниол, β -фенилэтанол, а также нерол, цитронеллол, нераль, гераниаль и другие соединения [2, 3]. В связи с этим представляется актуальным проведение биотестирования образцов розового и эремотецевого масел различного происхождения для сравнительного анализа их действия на биообъекты.

В качестве тест-культуры достаточно часто используют одноклеточных инфузорий благодаря тому, что они являются наиболее высоко организованными простейшими, способными проявлять разнообразные ярко выраженные реакции на изменения внешней среды [4, 5]. Цель настоящего исследования – оценить влияние масел с запахом розового направления на жизнеспособность *Paramecium caudatum* в динамике культивирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения биотеста была использована культура *P. caudatum*, выращенная на сенном отваре и находящаяся в фазе стационарного равновесия. Непосредственно перед тестированием была приготовлена рабочая концентрация взвеси клеток (100 клеток/мл).

Оценка токсичности эфирного масла розы различного происхождения (Болгария, Крым), а также образцов эремотецевого масла проводилась методом серийных разведений с использованием 96-ячейкового планшета. В каждую ячейку с помощью автоматического дозатора вносили 0,3 мл взвеси тест-культуры и 0,1 мл испытуемого образца розового и эремотецевого масел. Были исследованы 4 разведения эфирного масла крымского и болгарского происхождения, а также эремотецевого: 1:128 (7400; 7000 мкг/мл), 1:256 (3710; 3440 мкг/мл), 1:512 (1860; 1720 мкг/мл), 1:1024 (930; 860 мкг/мл) соответственно. Конечные разведения и концентрации масел в ячейках были следующими: 1:512 (1860; 1720 мкг/мл), 1:1024 (930; 860 мкг/мл), 1:2048 (460; 430 мкг/мл), 1:4096 (230; 210 мкг/мл) соответственно. В качестве контроля использовали чистую культуру и культуру инфузорий с добавлением растворителя в соответствующем серийном разведении. Реакцию инфузорий наблюдали под стереомикроскопом МСП-1 (ООО «ЛМО», Санкт-Петербург) непосредственно после внесения испытуемого образца разведений масла, через 1, 3 и 24 часа. Жизнеспособность инфузорий определяли методом прямого подсчета погибших особей, выраженного в процентах от общего количества.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Качественный состав крымского и болгарского розовых масел сходен, так же, как и состав эремотецевого масла в разных образцах, но количественное соотношение их компонентов различно (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение компонентов эфирных масел различного происхождения

Компоненты эфирных масел	Содержание, %			
	розовые масла		эремотецевые масла	
	крымское	болгарское	образец № 1	образец № 2
фенилэтанол	81,5	3,5	6,2	14,0
цитронеллол	3,5	27,0	2,53	5,8
нерол	2,7	8,5	0,87	–
гераниол	12,1	18,5	20,8	67,1
монотерпенолы	–	–	24,2	72,9

Для определения различий в действии эфирных масел, полученных из цветков розы крымской и болгарской, а также из культуральной жидкости микромицета, с учетом их качественного и количественного состава, был проведен тест на токсичность, основанный на наблюдениях за изменениями подвижности культуры инфузорий *P. caudatum*. В ходе проведенного эксперимента было установлено, что

инфузории весьма чувствительны к компонентам исследуемых эфирных масел: в разведениях 1:128 и 1:256 через одну минуту инфузории скапливались преимущественно на дне, двигались медленно и хаотично, более 50,0 % особей погибали, а через час все инфузории оказались мертвыми (рис. 1, 2). Поведение клеток *P. caudatum* в разведениях эфирных масел 1:256 розы крымской и болгарской мало отличалось от поведения тест-объектов в разведении 1:128.

При сравнении между собой разведений эфирного масла розы крымской и розы болгарской установлено, что эфирное масло розы крымской более токсично для культуры инфузорий: процент погибших инфузорий в разведениях этого масла по прошествии одной минуты эксперимента был выше, чем в разведениях эфирного масла розы болгарской.

В образцах эрмотецевого масла все особи инфузорий после первой минуты исследования погибали. Разведения масел 1:512 и 1:1024 оказались для культуры инфузорий менее токсичными: в течение всего периода исследования инфузории концентрировались на дне, отдельные клетки, сохраняя жизнеспособность, медленно двигались.

Полученные данные сравнительного анализа действия образцов эрмотецевого масла позволяют заключить, что их токсичность для инфузорий составляет 100 % в концентрациях, превышающих 860 мкг/мл. При этом токсическое действие образца № 2 во всех изучаемых разведениях было выражено в большей степени. Сходный характер на динамику жизнеспособности тест-культуры оказали эфирное масло розы крымской и образец № 1 эрмотецевого масла. Болгарское розовое масло и образец № 2 эрмотецевого масла существенно различались по проявлению своей биологической активности в отношении *P. caudatum*: меньшее токсическое действие эфирного масла розы болгарской по сравнению с эрмотецевым маслом обусловлено различием в химическом составе испытуемых образцов.

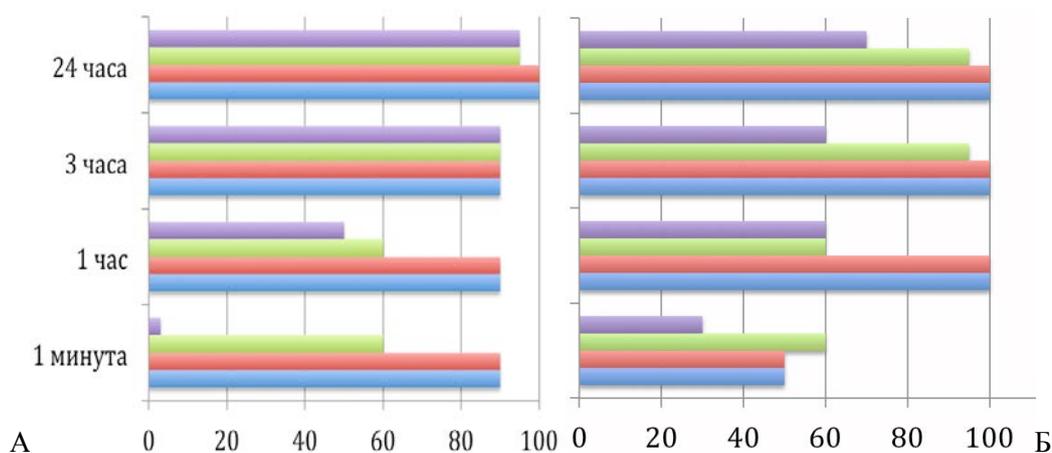


Рис. 1. Влияние эфирных масел розы крымского происхождения (А) и болгарского происхождения (Б) на жизнеспособность *Paramecium caudatum*

(количество погибших особей, %) (концентрации на графике соответствуют конечным разведениям и концентрациям в ячейках):

■ 1:512 (1860 мкг/мл – синий цвет), ■ 1:1024 (930 мкг/мл – красный цвет),
 ■ 1:2048 (460 мкг/мл – зелёный цвет), ■ 1:4096 (230 мкг/мл – фиолетовый цвет).

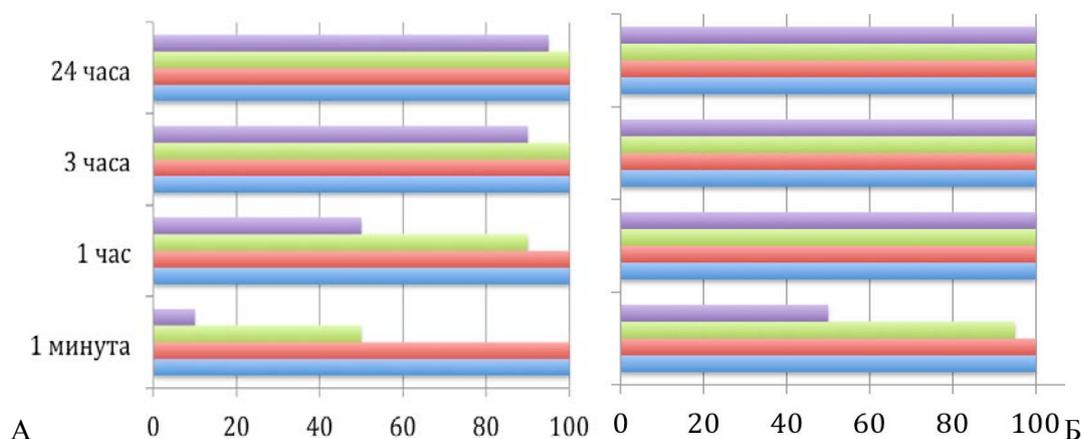


Рис. 2. Влияние эремотецевых масел первого образца (А) и второго образца (Б) на жизнеспособность *Paramecium caudatum* (количество погибших особей, %) (концентрации на графике соответствуют конечным разведениям и концентрациям в ячейках):

■ 1:512 (1720 мкг/мл – синий цвет), ■ 1:1024 (1024 мкг/мл – красный цвет),
 ■ 1:2048 (460 мкг/мл – зелёный цвет), ■ 1:4096 (210 мкг/мл – фиолетовый цвет).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследуемые образцы эремотецевого масла обладали более выраженным токсическим эффектом, чем образцы масел розы крымского и болгарского происхождения.
2. Эфирное масло розы крымского происхождения более токсично для *Paramecium caudatum*, чем эфирное масла розы болгарского происхождения, что обусловлено различием в химическом составе испытуемых образцов.
3. Наименьшая токсичность для инфузорий выявлена у эфирного масла розы болгарской: 100 %-ная гибель особей инфузорий через час экспозиции наблюдалась при концентрациях масла, превышающих 930 мкг/мл.
4. Наибольшая токсичность эремотецевого масла, вызывающего мгновенную гибель тест-культуры *P. caudatum*, отмечена в концентрациях, превышающих 860 мкг/мл.

Список литературы

1. Семенова Е.Ф. Анатомо-морфологические особенности лепестков как эфирноносных структур цветков представителей рода *Rosa* / Е.Ф. Семенова, Н.А. Меженная, Е.В. Преснякова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Серия «Естественные науки» – 2014. – № 3 (7) . – С.5–17.

2. Кокова В.Е. Непропорционально – проточная культура простейших / В.Е. Кокова, Г.М. Лисовский. – Новосибирск: Наука, 1982. – 188 с.
3. Филенко О.Ф. Область применения методов биотестирования / Филенко О.Ф. // Методы биотестирования качества водной среды. М., 1989. – 119 с.
4. Международная научно-практическая конференция «Инфузории в биотестировании». Тезисы докладов. – СПб.: Архив ветеринарных наук, 1998. – 304 с.
5. Простейшие – новые объекты биотехнологии: сб. науч. трудов. [Текст] / АН СССР, Всесоюз. о-во протозоологов. – Л.: Наука, 1989. –145 с.

TOXICITY OF ROSE OIL AND EREMOETHETIUM OIL REGARDING THE CULTURE *PARAMECIUM CAUDATUM*

Velichko V. P., Semenova E. F., Stojko T. G., Spichka A. I., Moiseeva I. Y.

Penza State University, Penza
E-mail: veliechko.v@mail.ru

For many millennia the rose attar is a valuable source of rose essential oil widely used in the world today. Rose oil and rose water are used in perfumery and cosmetics, confectionery, soap and alcoholic beverage industries. The oil serves as korriganta of pharmaceuticals to improve their flavor and odor. It has mild antibacterial (bacteriostatic) action. Rose oil regulates the adrenal glands, has antipyretic, anti-inflammatory, anti-inflammatory, choloretic, hepatoprotective effect used in the treatment of stomatitis, periodontal disease, skin and other diseases.

Currently, there is the possibility of an alternative produce of biotechnological "pink" essential oil, based on strains of *Eremothecium ashybyi* Guilliermond 1935 and *E. gossypii* Kurtzman 1995, similar in composition to the essential oil with fresh rose flowers. Its main components are geraniol, β -phenyl ethanol, identified nerol, citronellol, neral, geranial, and other compounds. Therefore, it seems urgent to conduct the biological testing of samples of various origins and the comparative analysis of the actions of pink and eremothecium oils on the bioobject.

The crop *Paramecium caudatum* was used to in order to perform the bioassay, it is grown on hay broth and is in phase of stationary balance. A characteristic feature of infusorium is relatively rapid variability, which allows them to adapt to the variety of conditions. As soon as the archaeal adapt to environmental conditions, all of their vital functions rebuilt, the speed, the rate of reproduction and the ability to absorb the food as well as the shape and size of the body change. But if the environment does not change, the properties of infusorium remain stable, it makes possible to use them as test objects.

According to the study the highest toxicity of infusorium is observed in samples of eremothecium oil in concentrations of at least 860 mcg / mL, causing the instantaneous death of the cells of the test organism. It should be noted that the essential oil of Crimean rose shows more pronounced toxic effect than the Bulgarian rose essential oil, because it has a high content of phenyl ethanol in its composition (81.5%). However, it should be noted that the dynamics of infusorium death depending on the concentration of oil in the samples (serial dilutions) was virtually identical for Crimean samples and samples number 1 obtained by biotechnological means.

Thus, the methods used to estimate the toxicity of oils revealed differences in their effects on the culture of *P. caudatum*, related to the qualitative and quantitative composition of samples of different origin.

Keywords: *Paramecium caudatum*, essential oil, rose oil, eremothecium oil, toxicity.

References

1. Semenova E. F., Mezhennaya N. A., Presnyakov E. V. Anatomical and morphological features as the petals of flowers essential oil structures of the genus *Rosa*, Proceedings of the higher educational institutions. Volga region. Series «Science», 3 (7), 5-17 (2014).
2. Kokova V. E. Lisowski G. M. Disproportionately - flow culture simplest, 188 p. (Novosibirsk: Nauka, 1982).
3. Filenko O. F. Application methods of bioassay methods, Bioassay water quality, 119 p. (Moscow, 1989).
4. International scientific and practical conference "The ciliates in the bioassay." Abstracts, 304 p. (SPb.: Archives of Veterinary Science, 1998).
5. Simple – new facilities of biotechnology: Sat. Scientific. Works, 145 p. (L.: Science, 1989).

Поступила в редакцию 12.10.2015 г.

УДК [504.5: 628.4.047]: 539.1.047

ДОЛГОЖИВУЩИЕ РАДИОНУКЛИДЫ В НАПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ СОСНОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ И ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ

Дворник А. А., Король Р. А., Дворник А. М.

*ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь
УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», г. Гомель, Республика
Беларусь
E-mail: aadvornik@gmail.com.*

В статье приведены результаты исследования радиационной опасности продуктов сгорания компонентов сосновых фитоценозов, расположенным на радиоактивно загрязненных территориях. Показано содержание долгоживущих радионуклидов в лесных горючих материалах. Установлено, что горение лесной подстилки и других растительных материалов с высоким уровнем радиоактивного загрязнения может представлять серьезную опасность для человека, находящегося в непосредственной близости от очага горения.

Ключевые слова: лесные пожары, радионуклиды, лесная подстилка, радиоактивные аэрозоли, допустимая объемная активность.

ВВЕДЕНИЕ

При лесных пожарах на территориях, загрязненных радионуклидами, в воздух могут выбрасываться радиоактивные частицы, концентрация которых способна превышать допустимые объемные активности. Особую опасность представляют выбросы, содержащие радионуклиды, осажденные на мелкодисперсной (респирабельной) аэрозольной фракции, в том числе и летучие при высоких температурах (свыше 1300 °С) Sr и Pu. Ингаляционное поступление радиоактивных аэрозолей может служить источником дополнительных дозовых нагрузок для лиц, участвующих в тушении пожаров и в лесохозяйственных работах на местах возгораний. Кроме того, высвободившиеся из зоны пожара радионуклиды могут переноситься воздушными потоками на большие расстояния, что может привести к вторичному радиоактивному загрязнению прилегающей, условно чистой территории. Существует прямая связь между объемной активностью дымовых аэрозолей и их содержанием в горючих материалах лесных фитоценозов, загрязненных в результате техногенных аварий (авария на ЧАЭС [СССР, 1986 г.], авария на производственном объединении «Маяк» [СССР, 1957 г.], авария на АЭС Фукусима-1 [Япония, 2011 г.]). Изучение указанных проблем является весьма актуальной задачей и имеет важное научное, практическое, экологическое и социально-экономическое значение.

Лесные пожары в зонах радиоактивного загрязнения могут приводить к изменению радиационной обстановки не только в очаге пожара, но и на определенном расстоянии от него: повышать концентрацию радиоактивных аэрозолей, их выпадение на поверхность земли. Многие исследователи (Огородников Б. И., Душа-Гудым С. И., Кашпаров В. А., Молодых В. Г.) отмечают ежегодное повышение объемной активности аэрозолей в воздухе в период с апреля по октябрь, что соответствует пожароопасному сезону [1, 2, 3]. Так, Б. И. Огородников показал повышение концентрации аэрозолей ^{137}Cs до 100 раз в 30 км зоне ЧАЭС во время лесных пожаров в мае 1992 года. В Беларуси максимальные среднемесячные концентрации ^{137}Cs наблюдались в мае и сентябре 2002 года в г. Гомеле около $400 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ и в августе и сентябре в г. Пинске $526 \cdot 10^{-7}$ и $468 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³.

Научные исследования, посвященные изучению характеристик лесных пожаров и атмосферного переноса загрязняющих веществ с дымовыми выбросами, проводились в различных научных организациях стран СНГ. Основные из них: Томский государственный университет, Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства, ВНИИЛХа, Украинский НИИ сельхозрадиологии, Национальный университет биоресурсов Украины, Институт радиэкологических проблем НАН Беларуси (до 2002 года), Институт леса НАН Беларуси.

В настоящее время остается актуальным вопрос о поведении трансурановых элементов в составе дымовой эмиссии лесных пожаров. Основным источником загрязнения территории Беларуси трансурановыми элементами явилась авария на ЧАЭС. Выброс указанных элементов при этом в окружающую среду по разным оценкам составил от 3 % до 6 % от накопленных за весь период работы ядерного реактора. «Горячие» частицы, содержащие трансурановые элементы (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am), выпали в радиусе 30 км от реактора. Сложный процесс выщелачивания данных изотопов из «горячих» частиц определили пролонгированный характер радиоактивного загрязнения близлежащих к ЧАЭС территорий. Будучи альфа-излучающими источниками трансурановые элементы представляют особую опасность при поступлении в организм человека ингаляционным путем, по сравнению со ^{137}Cs [4].

Цель настоящей работы — дать радиэкологическую оценку долгоживущим радионуклидам, содержащимся в напочвенном покрове сосновых фитоценозов, с точки зрения лесной пирологии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методика исследования включала отбор образцов лесного напочвенного покрова (лесной подстилки и растительности), проведение огневого эксперимента, радиохимический анализ образцов и спектрометрические измерения, а также статистическую обработку данных.

Характеристика площадей и отбор образцов

Отбор образцов лесной подстилки и растительности проводился в 2014 году на территории зоны отчуждения (30 км вокруг ЧАЭС), в районе д. Крюки (N

51°31'24,6", E 30°19'19,6"). Местом отбора послужил участок сосняка мшистого с условиями местопроизрастания А₂. Радиологическое обследование участков леса проводилось согласно методическим рекомендациям с использованием дозиметра МКС АТ 1125-а со сцинтилляционным детектором NaI(Tl) – Ø 25 × 40 мм, а также встроенным счетчиком Гейгера–Мюллера. Предел основной погрешности измерения мощности дозы ± 15 %. Измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения проводились на высоте 1 м и 3–4 см от поверхности почвы в 10 точках. Плотность загрязнения территории составила 2960 ± 325 кБк/м².

Образцы лесных горючих материалов (далее – ЛГМ) включали образцы лесной подстилки (неразложившаяся и полуразложившаяся) и живого напочвенного покрова (мох, травянистая растительность). Горючие материалы наземной группы также включали сухие ветви диаметром не более 10 мм, а также сухие фрагменты коры и шишек.

Образцы лесной подстилки отбирались в 12 повторностях и разделялись на горизонты: А₀L (неразложившаяся) и А₀F + А₀H (полуразложившаяся). Образцы травянистой растительности, мелких ветвей и сухих шишек отбирались с учетных площадок с размером 1 м² в 5 повторностях.

Проведение эксперимента

Для анализа содержания радионуклидов в дымовых аэрозолях был проведен полунатурный огневой эксперимент. Условия эксперимента подробно описаны в [5]. Дымовые аэрозоли отбирались при помощи аспиратора ПУ-3Э в двух режимах: режим тления (разреженный дымовой поток) и режим горения (концентрированный дымовой поток). В ходе огневого эксперимента было проведено 5 серий опытов с отбором аэрозолей в 5 повторностях для каждой серии. Объемная активность аэрозолей рассчитывалась по формуле:

$$AV = A_i/V, \quad (1)$$

где AV — объемная активность аэрозолей, кБк/м³, A_i — активность i -го фильтра, Бк, V — объем прокачанного воздуха, м³.

Пробоподготовка и радиометрические измерения

Радиохимический анализ образцов включал предварительную пробоподготовку, переводение радионуклидов в раствор, радиохимическое выделение и очистку трансурановых элементов. На этапе предварительной подготовки проб происходило разложение органического вещества путем сжигания в муфельной печи при контролируемой температуре, которое состояло из трех последовательных этапов — высушивания, обугливания и озоления.

Последующие этапы анализа включали радиохимическую очистку и выделение изотопов плутония и америция, основанную на ионообменной хроматографии. При этом раствор пропускали через колонку с анионитом в азотнокислой форме для удаления мешающих макрокомпонентов и искусственных радионуклидов, а также урана, тория и продуктов их распада. При этих условиях плутоний сорбируется на

смоле, а катионы Am^{3+} попадают в фильтрат. Далее плутоний элюировали 0,01 моль/л раствором HF в 0,3 моль/л HNO_3 .

Очистку америция от железа и урана проводили путем перевода их в анионное состояние в солянокислой среде и поглощения образовавшихся анионных комплексов – FeCl_4^- и $\text{UO}_2\text{Cl}_4^{2-}$ анионитом. Очистку от катионов Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} и выделение америция осуществляли на катионите, проводя промывки растворами соляной кислоты разной концентрации. После сброса примесей америций элюировали с катионита 4 моль/л HCl. Тонкослойную мишень плутония и америция готовили соосаждением с микрограммовыми количествами гидроокиси церия или фторидом лантана.

Альфа-спектрометрические измерения проводились с использованием α -спектрометра «Alpha Analyst» (Canberra) с минимальной детектируемой активностью по ^{238}Pu , ^{239}Pu , $^{241}\text{Am} = 10^{-3}$ Бк/пробу и основной относительной погрешностью измерения не более 30 %. Эффективность детектирования составляла 25 %.

Измерения удельной активности ^{137}Cs проводили с использованием гамма-спектрометра производства CANBERRA Packard (США) с коаксиальным полупроводниковым детектором Ge(Li) расширенного энергетического диапазона. Диапазон измерения энергий γ -излучения — 40–10 МэВ. Относительная эффективность регистрации спектра для энергии 1,33 МэВ — 22,4 %. Относительная ошибка измерения удельной активности ^{137}Cs в пробах составляла от 5 до 10 % в зависимости от активности образца. Энергия в 1 МэВ регистрируется в 4096 канале. Геометрия измерений: сосуд Маринелли, 1 л; цилиндрический сосуд диаметром 7 см, высотой 3,2 см, «дента»; цилиндрический сосуд диаметром 2,5 см, высотой 5 см.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенных нами исследований был изучен структурный состав ЛГМ сосняков, расположенных в зоне радиоактивного загрязнения. В состав наземной группы горючих материалов входят основные проводники горения: лесная подстилка, состоящая из растительных остатков, и горючие материалы в напочвенном покрове, которые включают в свой состав травы и мхи, лишайники, опад, мелкие ветви. Сосновые фитоценозы имеют хорошо развитую лесную подстилку под пологом леса (3–6 см).

Анализ данных по распределению цезия-137 в элементах опада показал, что максимальный вклад в его радиоактивное загрязнение дает хвоя. Удельная активность данного компонента составила 47,3–51,3 % от общего загрязнения опада. Наименьший вклад характерен для шишек. В этой фракции запасено до 10 % от общего содержания радионуклида в опаде. Общее распределение ^{137}Cs по фракциям опада для средневозрастных сосновых насаждений в условиях местопроизрастания A_2 приведено на рис. 1. Плотность загрязнения опада на участке отбора составила $(18,6 \pm 2,1)$ кБк/м².

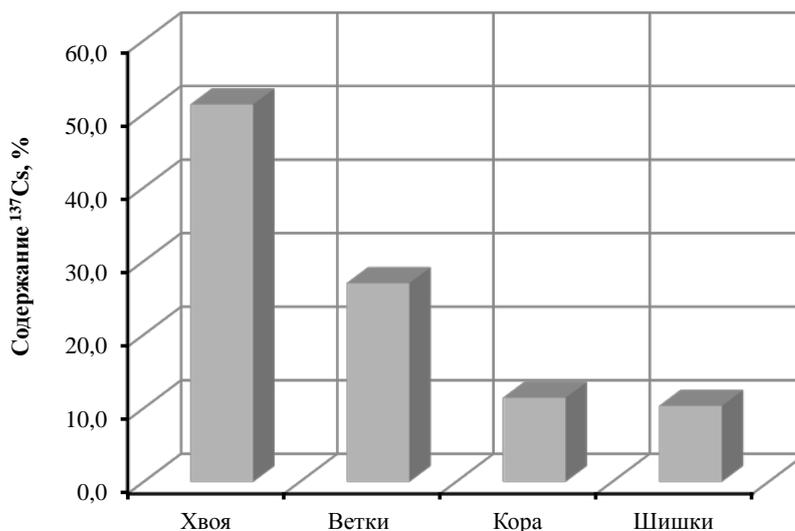


Рис. 1. Распределение ^{137}Cs по фракциям опада

Содержание долгоживущих радионуклидов в лесной подстилке

Фракционный состав лесной подстилки имеет важное значение при прогнозировании динамики плотности загрязнения ЛГМ. Определив долю каждого компонента в составе лесной подстилки и его удельную активность, можно оценивать загрязнение основных проводников горения радионуклидами и учитывать их влияние на формирование активности твердых и газообразных продуктов сгорания. Так, в ходе исследования нами было измерено содержание долгоживущих радионуклидов (^{137}Cs , ^{241}Am , ^{238}Pu , $^{239, 240}\text{Pu}$) в двух структурных фракциях лесной подстилки:

- A_0L (неразложившаяся подстилка), включающая в себя живой напочвенный покров, состоящий преимущественно из мхов (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt, *Dicranum polysetum* Sw., *Polytrichum commune* Hedw.) и лишайников (*Cladonia fimbriata* (L.) Fr. и *C. subrilata* (L.) Weber in Wigg), а также опад и мелкие ветви;
- A_0F+A_0H (ферментативно-гумусный слой), представляющий собой растительный материал различной степени разложения.

Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание долгоживущих радионуклидов в различных фракциях лесной подстилки сосновых фитоценозов

Фракция лесной подстилки	Удельная активность			
	¹³⁷ Cs, кБк/кг	²⁴¹ Am, Бк/кг	^{239, 240} Pu, Бк/кг	²³⁸ Pu, Бк/кг
Неразложившаяся подстилка (A ₀ L)	50,8 ± 5,1	13,9 ± 0,9	5,1 ± 0,5	2,18 ± 0,3
Ферментативно-гумусный слой (A ₀ F+A ₀ H)	154,9 ± 13,2	480,7 ± 45,3	91,9 ± 8,2	38,7 ± 4,1

Сопоставляя полученные нами данные по содержанию ¹³⁷Cs в лесной подстилке с данными исследований предыдущих лет [6], мы установили, что период полуснижения плотности ее загрязнения составляет около 15 лет. В настоящее время в лесной подстилке находится около 23 % от общего запаса цезия-137 в сосновом фитоценозе. Практически с момента катастрофы на ЧАЭС в лесных биогеоценозах постоянно происходит процесс перераспределения радионуклидов между минеральной частью почвы и лесной подстилкой. В последние годы отмечается уменьшение доли запаса ¹³⁷Cs в последней.

Среди основных механизмов снижения плотности загрязнения лесной подстилки ¹³⁷Cs следует отметить радиоактивный распад, миграцию радионуклидов за пределы корнеобитаемого слоя, процесс «старения» радионуклидов вследствие их фиксации малоподвижными гуматами.

Радиационная опасность лесных пожаров

При лесных пожарах в зонах радиоактивного загрязнения наибольшую опасность для человека представляют аэрозольные продукты сгорания лесных горючих материалов. Ингаляционное поступление мелкодисперсной фракции аэрозолей может давать вклад в формирование дозы внутреннего облучения. Ресуспензия долгоживущих радионуклидов с дымовой эмиссией лесных пожаров может формировать вторичное загрязнение прилегающей территории.

Согласно существующим данным [7], ресуспензия долгоживущих радионуклидов происходит в двух формах: дымовых частицах и минеральной пыли. Частицы пыли обычно имеют размеры от 2 до 100 мкм и легко задерживаются респираторами. Аэрозольные частицы с размерами от 0,04 до 0,3 мкм ингаляционным путем попадают в легкие.

В ходе исследования нами были получены данные о содержании ¹³⁷Cs в дымовых аэрозолях при горении лесной подстилки с плотностью загрязнения свыше 1480 кБк/м². Объемная активность аэрозолей по цезию-137 составила (0,84 ± 0,04) Бк/м³ при разреженном дымовом потоке и (838 ± 134) Бк/м³ при максимальном задымлении. При горении лесной подстилки с плотностью загрязнения от 555 до 1480 кБк/м² объемная активность аэрозолей составила (0,169 ± 0,021) Бк/м³ при разреженном дымовом потоке и (74 ± 15) Бк/м³ при

максимальном задымлении. По данным мониторинга, проведенного летом 1992 года во время пожара в зоне отчуждения, концентрация радионуклидов в воздухе варьировала от 0,017 Бк/м³ до 1,5 Бк/м³. На рис. 2 представлены результаты сравнения данных о содержании ¹³⁷Cs в дымовых аэрозолях с фоновыми значениями. В качестве фона были выбраны значения содержания ¹³⁷Cs в воздухе на «чистых» территориях.

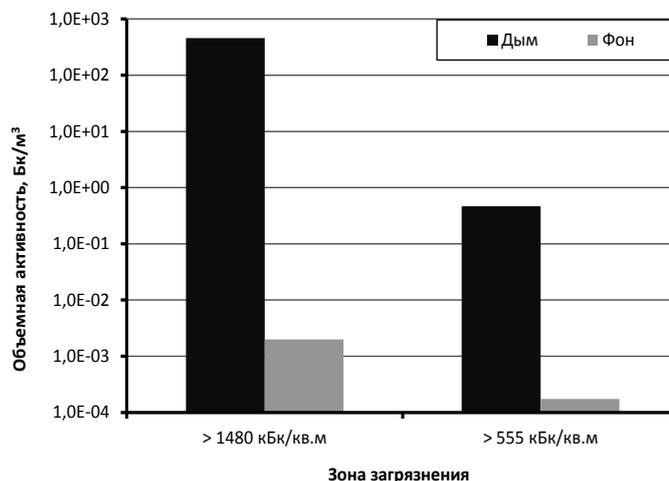


Рис. 2. Средние значения объемной активности ¹³⁷Cs в дымовых выбросах

Согласно данным нормативного акта ГН 2.6.1.8-127-2000 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000)», допустимая среднегодовая объемная активность для персонала и населения равны 1,7 кБк/м³ и 27 Бк/м³ соответственно. Принимая во внимание данные нормативы, следует отметить, что дымовые выбросы, образующиеся при сгорании ЛГМ с плотностью загрязнения свыше 1480 кБк/м², по содержанию цезия-137 могут превышать допустимые объемные активности для населения (ДОА_{нас}), а в отдельных случаях и допустимые объемные активности для лиц, участвующих в ликвидации пожара (ДОА_{пер}). При сгорании ЛГМ на территориях с плотностью загрязнения, равной 555 кБк/м², превышения допустимой среднегодовой объемной активности цезия-137 в дымовых аэрозолях не отмечается. Однако следует учитывать тот факт, что лесные пожары – явления сравнительно непродолжительные. Следовательно, воздействие радиационного фактора при этом также носит кратковременный характер. Таким образом, при непродолжительном воздействии, радиоактивные аэрозоли от лесных пожаров могут превысить суточные нормы ДОА_{нас} и ДОА_{пер}.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в настоящее время в напочвенном покрове лесных фитоценозов, находящемся в 30-км зоне радиоактивного загрязнения, сконцентрировано большое количество долгоживущих радионуклидов. В случае

лесного пожара эти радионуклиды представляют потенциальную радиационную опасность, которая напрямую зависит от вида пожара, его интенсивности и площади.

Горение лесной подстилки и других растительных материалов с высоким уровнем радиоактивного загрязнения может представлять серьезную опасность для человека, находящегося в непосредственной близости от очага горения. Так, ингаляционное поступление мелкодисперсной фракции дымовой эмиссии может создать дополнительный вклад в формирование дозы внутреннего облучения организма у участников пожаротушения.

Список литературы

1. Будыка А.К. Специфика радиационной обстановки при лесных пожарах в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС / А.К. Будыка, Б.И. Огородников // Сб. науч. тр. ин-та леса НАН Беларуси. – 2002. – Вып. 54. – С. 89–92.
2. Kashparov V.A. Forest fires in the territory contaminated as a result of the Chernobyl accident: radioactive aerosol resuspension and exposure of firefighters / V.A. Kashparov, S.M. Lundin, A.M. Kadygrib [et al.] // J. of Environ. Radioactivity 2000. – № 51. – P. 281–298.
3. Dusha-Gudym S.I. Transport of radioactive materials by wildland fires in the Chernobyl accident zone: how to address the problem / S.I. Dusha-Gudym. // International forest fire news. – 2005. – №32. – P. 119–125.
4. Кудряшов В.П. Загрязнение территории Республики Беларусь трансурановыми элементами в результате глобальных выпадений и катастрофы на Чернобыльской АЭС, включение их в трофические цепи и формирование дозовых нагрузок. Автор...дисс. на соиск. канд. биол. наук. / Кудряшов В.П. – 03.00.01., 03.00.16. Минск, 25 с.
5. Дворник А.А. Состояние дымовых аэрозолей при сгорании радиоактивных лесных горючих материалов в условиях лабораторного эксперимента / А.А. Дворник, Р.К. Спириков // Экологический вестник. Научно-практический журнал. – 2013. – № 2. – С. 5–10.
6. Schell W.R. Model-directed sampling in Chernobyl forests: general methodology and 1994 sampling program / W.R. Schell [et al.] // The science of the total environment. – 1996. – №3. – P. 229–240.
7. Zibtsev S.V. Fires in nuclear forests: silent threats to the environment and human security / S.V. Zibtsev, J.G. Goldammer, S. Robinson, O.A. Borsuk // Unasylva 243/244. – 2015. – Vol. 66. – P. 40–51.

LONG-LIVED RADIONUCLIDES IN THE FOREST LITTER OF PINE PHYTOCENOSIS AND THEIR POTENTIAL THREAT TO HUMANS DURING FOREST FIRES

Dvornik A.A., Korol R.A., Dvornik A.M.

*Institute of radiobiology NAS of Belarus, Gomel, Republic of Belarus;
Gomel State University, Gomel, Republic of Belarus
E-mail: aadvornik@gmail.com.*

The results of study of radiation threat of combustion products of pine phytocenoses, located in the areas with radioactive contamination are presents in the paper. The content of long-lived radionuclides in forest fuel materials is shown. It was found that the burning of litter and other plant materials with high levels of contamination can be a serious threat to a person near the center of burning.

The threat of forest fires revealed after numerous fires in the Chernobyl exclusion zone (CEZ) in 1992 on the border with Ukrainian part of exclusion zone. The large amount of wildfires in Belarus also have been registered in 1996, 1999 and 2002. Several studies have noted that during the forest fire in CEZ in May 1992 volume activity of ^{137}Cs in the air has increased by two orders of magnitude compared with normal values (about $3 \cdot 10^{-3} \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$). During the forest fires in areas contaminated with radionuclides, the smoke particles are released in the air. The activity concentration of radionuclides deposited in these particles is able to exceed the allowable levels of radioactivity in the air. The emission containing radionuclides deposited on the fine aerosol fractions is particularly dangerous. ^{137}Cs and ^{90}Sr are especially dangerous and have relatively high dose coefficients for external exposure pathways. Inhalation of radionuclides (especially ^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am) can generate additional internal doses both for firefighters, near the source of ignition, and for citizen, at a distance from the source. In addition, radionuclides released from the fire source may be transferred with the airflows over long distances, which can lead to a secondary radioactive contamination.

Keywords: forest fires, radionuclides, litter, radioactive aerosols, permitted volume activity.

References

1. Budyka A.K., Ogorodnikov B.I., Specificity of the radiation situation during forest fires in the Chernobyl exclusion zone, *Collection of sci. works of the Inst. of Forest of NAS of Belarus*, **54**, 89 (2002).
2. Kashparov V.A. [et al.], Forest fires in the territory contaminated as a result of the Chernobyl accident: radioactive aerosol resuspension and exposure of firefighters, *J. of Environ. Radioactivity*, **51**, 281 (2000).
3. Dusha-Gudym S.I., Transport of radioactive materials by wildland fires in the Chernobyl accident zone: how to address the problem, *International forest fire news*, **32**, 119 (2005).
4. Dvornik A.A., Spirov R.K., Status of smoke aerosols during the combustion process of radioactive forest fuel under laboratory conditions, *Ecological bulletin*, **2(24)**, 5 (2013).
5. Kudryashov V.P., Abstract Ph.D. biol. sci. diss., Minsk: IRB, 25 (1998).
6. Schell W.R. Linkov, I., Rimkevich, V., Chistic, O., Lutsko, A., Dvornik, A.M., Zhuchenko, T.A. Model-directed sampling in Chernobyl forests: general methodology and 1994 sampling program, *Sci. Total Environ.*, **3**, 229 (1996).
7. Zibtsev S.V., Goldammer J.G., Robinson S., Borsuk O.A., Fires in nuclear forests: silent threats to the environment and human security, *Unasylva* 243/244, **66**, 40 (2015).

Поступила в редакцию 15.10.2015 г.

УДК 577.112:612

ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ И ПЕРОКСИДАЦИЯ ЛИПИДОВ В ЭРИТРОЦИТАХ ПРИ ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОЙ АНЕМИИ

Елкина Н. М., Коношенко С. В.

*Таврическая академия Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского,
Симферополь, Россия
E-mail: nataleiolkina@gmail.com*

Показано, что в эритроцитах больных железодефицитной анемией интенсифицируются реакции пероксидации липидов, изменяется количественное содержание отдельных липидных фракций. Наблюдается существенное снижение содержания свободных жирных кислот.

Ключевые слова: эритроциты, пероксидация липидов, липидные фракции, окислительный стресс, железодефицитная анемия.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время утвердилось представление о том, что многие заболевания сопровождаются развитием окислительного стресса, связанного с усиленным генерированием активных форм кислорода (АФК) [1, 2]. Одной из мишеней действия АФК являются соединения липидной природы, которые входят в состав клеточных мембран, а также внутриклеточных белково-липидных комплексов [3, 4]. Деструктивное действие АФК на липидные компоненты клеток приводит к образованию первичных и, в дальнейшем, вторичных продуктов пероксидации липидов (ПОЛ), накопление которых представляет определенную опасность для организма. Известно, что многие из вторичных продуктов ПОЛ воздействуют на протеины, приводя к их структурным и функциональным изменениям [5]. Выяснение процессов распада липидов в клетках в условиях окислительного стресса является одной из задач современной медицины и биологии.

Несмотря на всю широту исследований, в этом аспекте до сих пор остаются малоизученными процессы распада липидов при различных по этиологии заболеваниях гематологического характера.

В связи с этим представляло интерес изучить особенности пероксидации липидов и липидный состав в эритроцитах при железодефицитной анемии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили эритроциты практически здоровых людей (контрольная группа – 20 человек, средний возраст – 39,0 лет) и больных железодефицитной анемией (9 человек, средний возраст – 49,0 лет).

Кровь практически здоровых людей брали на станции переливания крови г. Симферополя, кровь больных – на базе Крымского онкологического центра (г. Симферополь). Кровь больных брали при поступлении в стационар, перед началом лечения.

Эритроциты гемолизировали по методу [6] без добавления толуола. Липидные экстракты гемолизатов эритроцитов получали, используя метод Фолча [7]. Содержание общих липидов определяли колориметрическим методом с фосфорнованилиновым реактивом [7]. Фракционный состав липидов изучали методом тонкослойной хроматографии на пластинах с силикагелем фирмы «Мерк» [8]. Использовали систему растворителей, которая содержала гексан, диэтиловый эфир и ледяную уксусную кислоту (73:25:2). Пластины обрабатывали 10 % раствором фосфорномолибденовой кислоты, выдерживая при 80–100°C до появления синих пятен. Идентификацию липидных фракций проводили с учетом подвижности стандартов, а также данных литературы [8]. Содержание фракций липидов выражали в мг/мл.

Вторичные продукты ПОЛ (ТБК-активные продукты) определяли спектрофотометрическим методом, описанным в литературе [9]. Полученные данные обрабатывали статистически с использованием t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследований, в липидном экстракте гемолизатов эритроцитов практически здоровых людей и больных железодефицитной анемией идентифицируются фосфолипиды, холестерол, моноглицериды, диглицериды, свободные жирные кислоты и стериды. По сравнению с контрольной группой доноров в гемолизатах эритроцитов больных железодефицитной анемией наблюдаются достоверные изменения количественного содержания всех отмеченных фракций липидов (табл. 1). Показано незначительное, но достоверное снижение содержания фосфолипидов (на 28,4 %), а также существенное снижение содержания свободных жирных кислот (в 4,5 раза) по сравнению с контрольной группой. На фоне снижения содержания отмеченных фракций наблюдается повышение количественного содержания моноглицеридов (на 26,3 %) и диглицеридов (в 1,8 раза). Наиболее выраженные изменения прослеживаются в содержании свободных жирных кислот.

Известно, что фосфолипиды и жирные кислоты являются основной мишенью для АФК в реакциях пероксидации липидов [10]. Вместе с этим, в условиях усиленного генерирования АФК в реакции ПОЛ могут вовлекаться триацилглицериды, утрачивая остатки жирных кислот, атакуемых, прежде всего, •ОН-радикалом и супероксиданионом. По всей вероятности, это и является причиной достаточно выраженного увеличения процентной доли моноглицеридов и, особенно, диглицеридов – продуктов неполного распада триглицеридов в гемолизатах эритроцитов больных.

Об активизации реакций пероксидации липидов в эритроцитах больных железодефицитной анемией свидетельствуют также данные, полученные при

изучении содержания общих липидов и вторичных продуктов ПОЛ (табл. 2). Показано, что содержание общих липидов в гемолизатах эритроцитов больных снижается в 1,46 раза, тогда как содержание ТБК-активных продуктов возрастает в 1,4 раза по сравнению с контрольной группой.

Прослеживаемая согласованность этих данных является свидетельством того, что основной причиной изменения липидного состава гемолизата эритроцитов больных железодефицитной анемией является интенсификация реакций ПОЛ. При этом не исключено, что некоторая часть липидных компонентов цитозоля эритроцитов может использоваться для репарации поврежденных участков эритроцитарной мембраны.

Таблица 1

Липидный состав гемолизата эритроцитов больных железодефицитной анемией (M±m)

Фракции липидов	Содержание липидных фракций, мг/мл	
	Контрольная группа	Больные железодефицитной анемией
Фосфолипиды	0,81 ± 0,02	0,58 ± 0,01*
Холестерол	0,65 ± 0,01	0,58 ± 0,008*
Моноглицериды	0,57 ± 0,01	0,72 ± 0,02*
Диглицериды	0,24 ± 0,008	0,43 ± 0,001*
Свободные жирные кислоты	1,3 ± 0,03	0,29 ± 0,008*
Стериды	0,73 ± 0,02	0,58 ± 0,01*

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

Таблица 2

Содержание общих липидов и ТБК-активных продуктов пероксидации липидов в гемолизате эритроцитов больных железодефицитной анемией (M±m)

Обследованные группы	Содержание общих липидов, мг/мл	Содержание ТБК-активных продуктов, ед.опт.пл./мл гемолизата
Контрольная группа	5,03 ± 0,19	0,127 ± 0,015
Больные железодефицитной анемией	3,45 ± 0,18*	0,179 ± 0,01*

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. В эритроцитах больных железодефицитной анемией интенсифицируются реакции перекисидации липидов, о чем свидетельствует снижение содержания общих липидов и увеличение содержания ТБК-активных продуктов ПОЛ.
2. В условиях данной патологии в эритроцитах изменяется количественное содержание отдельных липидных фракций. Наблюдается выраженное снижение содержания свободных жирных кислот, что может быть связано с разрушительным действием активных форм кислорода.

Список литературы

1. 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.
2. Меньшиков Е. Б. Окислительный стресс: патологические состояния и заболевания / Е. Б. Меньшиков. – Новосибирск: АРТА, 2008. – 284 с.
3. Горожанская Э. Г. Свободнорадикальное окисление и механизмы антиоксидантной защиты в нормальной клетке и при опухолевых заболеваниях / Э. Г. Горожанская // Клин. лаб. диагн. – 2010, № 6. – С. 28–32.
4. Турпаев К. Т. Активные формы кислорода и регуляция экспрессии генов / К. Т. Турпаев // Биохимия. – 2002. – Т. 76, вып. 3. – С. 339–352.
5. Муравлева Л. Е. Окислительная модификация белков: проблемы и перспективы исследования / Л. Е. Муравлева, В. Б. Молотов-Лучанский, Д. А. Клюев // Фундаментальные исследования. – 2010, № 1. – С. 74–78.
6. Drabkin D. A simplified technique for large scale crystallization of myoglobin and hemoglobin in the crystalline / D. Drabkin // Arch. Biochem. – 1949. – V. 21. – P. 224–226.
7. Биохимические методы исследования в клинике / Под ред. Покровского А. А. М.: Медицина. – 1969. – С. 287–288.
8. Филлипович Ю. Б. Практикум по общей биохимии / Ю. Б. Филлипович, Т. А. Егорова, Г. А. Севастьянова // М.: Просвещение, 1975. – 318 с.
9. Ohkawa H. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction / H. Ohkawa, N. Ohishi, K. Yogi // Analit. Biochem. – 1979. – N 2. – P. 351–358.
10. Гаврилов В. Б. Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови / В. Б. Гаврилов, М. И. Мишкорудная // Лаб. дело, 1983, № 3. – С. 34–37.

THE CONTENT AND PEROXIDATION OF LIPIDS IN ERYTHROCYTES UNDER IRON-DEFICIENCY ANEMIA

Yolkina N.M., Konoshenko S.V.

*V.I. Vernadsky Crimea Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: nataleiolkina@gmail.com*

Elucidation of the molecular basis of various diseases and pathological states of human organism is one of the most significant problems of medicine and biology [1-3]. It

is known, that under different diseases the oxidative stress is realized [4]. The development of oxidative stress is connected with production of oxygen active forms, in particular free radicals.

Given that under some diseases erythrocytes are involved in pathological process [5], the aim of the present work was to study the content of lipids and processes of lipids peroxidation in erythrocytes of patients with iron-deficiency anemia.

The materials for the study were the erythrocytes of 20 healthy subjects (control group), middle age – 39,0 years and patients with iron-deficiency anemia (9 patients, middle age – 49,0 years). The blood was taken in Crimea Oncological Centre before treatment for an illness. The erythrocytes were hemolysed by distilled water. In hemolysates of erythrocytes were determined the total lipids [6], some lipids fractions [7] and secondary products of lipids peroxidation [8].

It has been shown, that in erythrocytes of patients with iron-deficiency anemia the reactions of lipids peroxidation are intensified. The content of total lipids was lowred (31,4% less) and the level of TBA-products of lipids peroxidation was rised (41,0% higher as compared with control group). At the same time the content of different lipids fractions was changed. So, the content of phospholipids and free fatty acids was lowred (28,4% and 225,0%, accordingly). The content of monoglycerides and diglycerides was rised (26,3% and 90,0%, accordingly). More significant changes have been shown for content of free fatty acids.

The changes that are observed may be used as indexes of development of oxidative stress under hematological diseases.

Keywords: erythrocytes, lipids peroxidation, lipids fractions, oxidative stress, iron-deficiency anemia.

References

1. Vladimirov U.A., Active forms of oxygen and nitrogen: significance for diagnoses, prevention and therapy, *Biochemistry*, **69**, 1, 5 (2004).
2. Menshikov E.B., Zenkov N.K., Oxidative stress under inflammation, *Impr. mod. biol.*, **117**, 2, 155 (1997).
3. Menshikov E.B., Zenkov N.K., Lankin V.Z., Oxidative stress: pathological states and diseases, 284 p. (ARTA, Novosibirsk, 2008).
4. Turpaev K.T. Oxygen active forms and regulation of genes erpression, *Biochemistry*, **76**, 3, 339 (2002).
5. Yolkina N.M., Konoshenko S.V., Shashua I., Enzym activity of human erythrocytes under ischemic heart disease, *Scientific Notes V.I. Vernadsky Taurida National University*, **24 (63)**, 2, 124 (2011).
6. Pokrovsky A.A., *Biochemical methods of investigation in clinic*, 388 p. (Medicine, Moscow, 1969).
7. Fillipovich U.B. Egorova T.A. Sevastyanova G.A., *Practical biochemistry*, 318 p. (Education, Moscow, 1975).
8. Ohkawa H., Ohishi N., Yogi K., Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction, *Analit. Biochem*, **2**, 351 (1979).

Поступила в редакцию 26.10.2015 г.

УДК 577.121:963

ПРОЦЕССЫ ПЕРОКСИДАЦИИ ЛИПИДОВ И ГЕНЕРИРОВАНИЯ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА В ЭРИТРОЦИТАХ БОЛЬНЫХ КАРДИОМИОПАТИЕЙ

Елкина Н. М., Коношенко С. В.

*Таврическая академия Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского,
Симферополь, Россия
E-mail: nataleiolkina@gmail.com*

Показано, что в эритроцитах больных дилатационной кардиомиопатией интенсифицируются реакции пероксидации липидов и существенно возрастает генерирование $\bullet\text{OH}$ -радикала и супероксиданиона. Предполагается, что одной из причин усиления прооксидантного статуса эритроцитов в условиях данной патологии является активизация реакций, связанных с метаболизмом оксида азота.

Ключевые слова: эритроциты, пероксидация липидов, активные формы кислорода, оксид азота, дилатационная кардиомиопатия.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение биохимического состояния отдельных систем организма человека при различных заболеваниях является одной из важнейших задач современной медицины и биологии. В настоящее время имеется достаточно много работ, свидетельствующих о том, что при многих заболеваниях нарушается прооксидантно-антиоксидантное равновесие, активизируются свободно-радикальные реакции, идущие с участием активных форм кислорода (АФК), развивается окислительный стресс [1–3]. Вместе с этим в ряде работ сообщается о том, что при некоторых заболеваниях в патологический процесс вовлекаются эритроциты, изменяются их биохимические показатели [4–6].

Учитывая это, представляется важным понять, как происходит генерирование АФК и окислительное преобразование различных органических соединений в эритроцитах в условиях патологии, в частности, при сердечно-сосудистых заболеваниях.

В связи с этим целью настоящей работы являлось изучение процессов генерирования АФК, а также перекисного окисления липидов в эритроцитах при кардиомиопатии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили эритроциты практически здоровых людей (25 доноров станции переливания крови г. Симферополя в возрасте от 45 до 55 лет) и больных дилатационной кардиомиопатией (15 человек, средний возраст –

53 года). В каждой обследованной группе соотношение мужчин и женщин было приблизительно одинаковым. Кровь больных брали на базе Крымского кардиологического центра г. Симферополя при их поступлении в стационар, перед началом лечения, придерживаясь норм и принципов биоэтики.

Гемолиз эритроцитов осуществляли в равном объеме дистиллированной воды по методу Драбкина [7]. В гемолизатах эритроцитов определяли содержание общих липидов [8], первичных продуктов ПОЛ (диеновые конъюгаты) [9] и вторичных продуктов ПОЛ (ТБК-активные продукты) [10], а также скорость генерирования супероксиданиона и $\bullet\text{OH}$ -радикала [11], содержание нитрит- и нитрат-анионов (NO_2^- , NO_3^-) [12] и активность индуцибельной синтазы оксида азота (iNOS) [13]. Во всех опытах использовались спектрофотометрические методы биохимического анализа.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали статистически с использованием t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

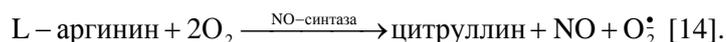
Как показали результаты исследований, в эритроцитах больных дилатационной кардиомиопатией существенно усиливаются реакции пероксидации липидов, о чем свидетельствует снижение содержания в гемолизатах общих липидов (на 27,4 %) и увеличение содержания диеновых конъюгатов (в 2,5 раза) и ТБК-активных продуктов ПОЛ (на 25 %) по сравнению с контрольной группой (таблица 1). Согласно современным представлениям, перекисное окисление липидов, связанное с образованием первичных и, в дальнейшем, вторичных продуктов ПОЛ, в основном обусловлено действием супероксиданиона и $\bullet\text{OH}$ -радикала [14].

При изучении скорости генерирования супероксиданиона и $\bullet\text{OH}$ -радикала в эритроцитах больных кардиомиопатией было выявлено, что данные показатели образования соответствующих АФК возрастают по сравнению с контрольной группой: в 1,5 раза (супероксиданион) и в 2,8 раза ($\bullet\text{OH}$ -радикал) соответственно (таблица 2). Ключевая роль в инициации реакций ПОЛ отводится $\bullet\text{OH}$ -радикалу, генерирование которого осуществляется разными путями, в частности, через образование пероксинитрита в реакции между супероксиданионом и оксидом азота: $\text{O}_2^- + \text{NO} \rightarrow \text{ONO}_2^- \rightarrow \bullet\text{NO}_2 + \bullet\text{OH}$ [15].

Возможность существенного вклада этого пути в генерирование $\bullet\text{OH}$ -радикала в эритроцитах больных кардиомиопатией подтверждается достоверным и выраженным снижением в гемолизатах уровня NO_3^- -анионов (в 2,0 раза) и некоторым снижением содержания NO_2^- -анионов (на 24,6 %) по сравнению с контрольной группой (таблица 3), способных энзиматическим путем превращаться в оксид азота [16].

Наряду с этим у больных кардиомиопатией наблюдается некоторое увеличение активности индуцибельной NO-синтазы: на 33,0% по сравнению с контрольной группой (таблица 3).

Следует отметить, что NO-синтазная реакция является источником не только NO, но и супероксиданиона:



В свою очередь, утилизация супероксиданиона может привести к образованию как новых свободных радикалов, так и стабильных метаболитов NO, которые могут, что уже отмечалось ранее, превращаться в оксид азота [16].

Из этого следует, что реакции, ведущие к образованию оксида азота, его метаболитов и $\bullet\text{OH}$ -радикала, имеют циклический характер и тесно сопряжены между собой в общем пуле метаболических процессов.

Таблица 1

Содержание общих липидов, диеновых конъюгатов и ТБК-активных продуктов в гемолизатах эритроцитов больных дилатационной кардиомиопатией (M±m)

Обследованные группы	Общие липиды, мг/мл	Диеновые конъюгаты, нмоль · мгHb ⁻¹	ТБК-активные продукты, нмоль · мгHb ⁻¹
Контрольная группа	5,03 ± 0,19	13,80 ± 0,85	31,75 ± 1,60
Больные кардиомиопатией	3,65 ± 0,15*	34,82 ± 2,10*	39,68 ± 2,75*

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

Таблица 2

Скорость генерирования супероксиданиона и гидроксил-радикала в гемолизатах эритроцитов больных дилатационной кардиомиопатией (M±m)

Обследованные группы	Скорость генерирования супероксиданиона, усл. ед. мин ⁻¹ · мгHb ⁻¹	Скорость генерирования гидроксил-радикала, усл. ед. мин ⁻¹ · мгHb ⁻¹
Контрольная группа	2,90 ± 0,15	16,50 ± 0,84
Больные кардиомиопатией	4,35 ± 0,21*	45,40 ± 2,70*

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

Таблица 3

Активность индуцибельной NO-синтазы (iNOS) и содержание нитрит-анионов (NO₂⁻) и нитрат-анионов (NO₃⁻) в гемолизатах эритроцитов больных дилатационной кардиомиопатией (M±m)

Обследованные группы	Активность iNOS, пмоль · мин ⁻¹ · мгHb ⁻¹	Содержание NO ₂ ⁻ , пмоль · мгHb ⁻¹	Содержание NO ₃ ⁻ , нмоль · мгHb ⁻¹
Контрольная группа	2,10 ± 0,24	18,3 ± 2,9	1,42 ± 0,20
Больные кардиомиопатией	2,80 ± 0,30*	13,8 ± 1,9*	0,72 ± 0,08*

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

Поскольку в наших исследованиях отмечается более выраженное генерирование $\bullet\text{OH}$ -радикала по сравнению с супероксиданионом, можно предположить возможность активизации в эритроцитах больных кардиомиопатией утилизации супероксиданиона по пути генерирования $\bullet\text{OH}$ -радикала (вышеупомянутая реакция через образование пероксинитрита, а также реакции Хабера-Вайса и Фентона: $2\text{O}_2^{\bullet-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$; $\text{O}_2^{\bullet-} + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{O}_2 + \text{Fe}^{2+}$; $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \bullet\text{OH} + \text{OH}^- + \text{Fe}^{3+}$) [15].

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о существенной интенсификации генерирования супероксиданиона и $\bullet\text{OH}$ -радикала в эритроцитах при дилатационной кардиомиопатии, что создает условия для усиления прооксидантного статуса эритроцитов и, в связи с этим, активизации структурного преобразования под действием АФК не только липидов, но и других органических соединений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В эритроцитах больных дилатационной кардиомиопатией интенсифицируются реакции пероксидации липидов. Показано преобладание количественного содержания первичных продуктов ПОЛ по сравнению со вторичными продуктами.
2. При дилатационной кардиомиопатии в эритроцитах существенно возрастает генерирование супероксиданиона и гидроксил-радикала. Отмечено более активное генерирование $\bullet\text{OH}$ -радикала.
3. Усиленное генерирование $\bullet\text{OH}$ -радикала и супероксиданиона в эритроцитах при дилатационной кардиомиопатии может быть обусловлено изменениями в метаболизме оксида азота, в частности, в реакциях синтеза NO и использования его стабильных метаболитов.

Список литературы

1. Азизова О.А. Взаимосвязь маркеров окислительного стресса с клиническим течением хронической ишемии мозга / О.А. Азизова // Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2013, № 9. – С. 21–27.
2. Курашова Н.А. Особенности окислительного стресса при различных патологических состояниях у мужчин репродуктивного возраста / Н.А. Курашова // Бюлл. Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2012, № 2 (2). – С. 31–35.
3. Луцкий М.А. Формирование окислительного стресса как одного из звеньев сложного патогенеза социально-значимых заболеваний нервной системы – инсульта и рассеянного склероза / М.А. Луцкий, А.М. Земсков, М.А. Смелянец и др. // Фундаментальные исследования. – 2014, № 10. – С. 27–32.
4. Елкина Н.М. Процессы пероксидации липидов, метгемоглобинообразования и генерирования активных форм кислорода в эритроцитах больных эритремией / Н.М. Елкина // Уч. записки Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. – Сер.: Биология, химия. – 2013. – Т. 26 (65), № 4. – С. 39–43.
5. Коношенко С.В. Особливості окиснювальної модифікації протеїнів в еритроцитах хворих на кардіоміопатію, ішемічну хворобу серця, еритремію та апластичну анемію / С.В. Коношенко, Н.М. Йолкіна // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія. – 2013, № 2. – С. 40–43.

6. Novgorodtseva T.P. Modifications of the fatty acid composition of the erythrocyte membrane in patients with chronic respiratory diseases / T.P. Novgorodtseva, Y.K. Denisenko, N.N. Zhukova et al. // *Lipids Health Dis.* – 2013, N 12. – P. 117–121.
7. Drabkin D. A simplified technique for large scale crystallization myoglobin and haemoglobin in the crystalline / D. Drabkin // *Arch. biochem.* – 1959. – V. 21. – P. 224–226.
8. Биохимические методы исследования в клинике / Под ред. Покровского А.А. М.: Медицина. – 1969. – С. 287–288.
9. Гаврилов В.Б. Измерение диеновых конъюгатов в плазме крови по УФ-поглощению гептановых и изопропанольных экстрактов / В.Б. Гаврилов, А.П. Гаврилова, Н.Ф. Хмара // *Лаб. дело.* – 1988, № 2. – С. 60–64.
10. Ohkawa H. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction / H. Ohkawa, N. Ohishi, K. Yogi // *Analit. Biochem.* – 1979. – N 2. – P. 351–358.
11. Basaga H.S. Biochemical aspects of free radicals / H.S. Basaga // *Cell. Biol.* – 1990. – V. 68, N 5. – P. 989–998.
12. Green L.L. Analysis of nitrate, nitrite and [+5N] nitrate in biological fluids / L.L. Green, D.A. Wagner, J. Glogowski et al // *Anal. Biochem.* – 1982. – V. 126, N 1. – P. 131–138.
13. Jsukahara H. Effect of NOS inhibitions on bone metabolism in growing rats / H. Jsukahara // *Amer. J. Physiol.* – 1996. – V. 270, N 5. – P. 840–845.
14. Ткаченко М.М. Вікові особливості змін скорочувальних судинних реакцій і вміст вільних радикалів кисню та метаболітів оксиду азоту у мишей лінії BALB/c за умов перебування у зоні відчуження / М.М. Ткаченко, В.Ф. Сагач, О.В. Базилюк и др. // *Фізіол. журн.* – 2005. – Т. 51, № 3. – С. 32–41.
15. Beckman J.S. Apparent hydroxyl radical production by peroxynitrite: implications for endothelial injury from nitric oxide and superoxide / J.S. Beckman, J.W. Beckman, J. Chen et al // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1990. – V. 87, N 7. – P. 1620–1624.
16. Раваева М.Ю. Изменение активности системы синтеза оксида азота под действием низкоинтенсивного миллиметрового излучения / М.Ю. Раваева, Е.Н. Чуян // *Уч. записки Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского.* – Сер.: Биология, химия. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 201–210.

PROCESSES OF LIPIDS PEROXIDATION AND OXYGEN ACTIVE GENERATION IN ERYTHROCYTES OF PATIENTS WITH DILATED CARDIOMYOPATHY

Yolkina N.M., Konoshenko S.V.

*V.I. Vernadsky Crimea Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: nataleiolkina@gmail.com*

According to modern understanding the main pathogenetic factor of many diseases and pathological states involving the violation of the structural and functional characteristics of bioorganic ingredients is the activation of free radical reactions. Active changes of this processes lead to the disruption of cell functions and, as a result, to development of pathology [1-3].

Previously, it has been found that in some diseases characterized by the development of oxidative stress, in pathological process involves erythrocytes, as demonstrated by biochemical changes occurring in them [4, 5]. In this regard, it is of interest to examine the state of lipids peroxidation (LPO) and processes of oxygen active forms generation in erythrocytes of patients with pathology of cardiovascular system.

The aim of this work was to study the processes of LPO and oxygen active forms generation in erythrocytes of patients with dilated cardiomyopathy.

The materials for the study were the erythrocytes of healthy subject (control group) and patients with dilated cardiomyopathy (15 persons, middle age 53 years). The blood of healthy subject was taken at the blood transfusion centre of Simferopol, the sick person's blood – at the Crimean Cardiology Centre in Simferopol before treatment for an illness.

The erythrocytes were hemolysated by distilled water. In hemolysates of erythrocytes was determined the content of total lipids, primary and secondary products of LPO [6, 7], the generation of hydroxyl-radical and superoxide-anion radical [8], the content nitrite and nitrate-anions [9] and activity of iNOS [10].

All indexes were studied by spectrophotometric methods of biochemical analyses.

It has been shown, that in hemolysates of erythrocytes of patients with cardiomyopathy the content of total lipids was lowered and the content of primary and secondary products of LPO was risen (2,5 times and 25,0% as compared with control group). At the same time the speed of generation of hydroxyl-radical and superoxide-anion was risen at 2,8 and 1,5 times, accordingly. The activity of iNOS was more as compare to control group (at 33,0%), the level of nitrite and nitrate-anions was lowered (at 24,6% and 2,0 times as compared with control group, accordingly).

Thus, under dilated cardiomyopathy in erythrocytes the reactions of LPO and generation of oxygen active forms are intensified. that may be connected with changes of NO-metabolism, for example, of NO-synthesis and utilization of it stable metabolites.

Keywords: erythrocytes, lipids peroxidation, oxygen active forms, nitric oxide, dilated cardiomyopathy.

References

1. Azizova O.A., Interaction of markers of oxidative stress with clinic of chronic brain ischemia, *J. Neurology and psychiatry*, **9**, 21 (2013).
2. Kurashova N.A., Peculiarities of oxidative stress under different state of man in reproduction age, *Bull. east-siberian scientific centre*, **2** (2), 31 (2012).
3. Lutskij M.A., Zemskov A.M., Smeljanets M.A. et al, The formation of oxidative stress as one from links of hard pathogeny of social diseases of central nerval system, *Fundamental investigations*, **10**, 27 (2014).
4. Konoshenko S.V., Yolkina N.M., Peculiarities of proteins oxidative modification in erythrocytes of patients with cardiomyopathies, ischemic heart diseases, erythraemia and aplastic anemia, *Experimental and Clinical Physiology and Biochemistry*, **2**, 40 (2013).
5. Novgorodtseva T.P., Denisenko Y.K., Zhukova N.N. et al, Modifications of the fatty acid composition of the erythrocyte membrane in patients with chronic respiratory diseases, *Lipids Health Dis.*, **12**, 117 (2013).
6. Gavrilov V.B., Gavrilova A.R., Hmara N.F., Analysis of dien conjugates in plasma of UF-absorption of heptane and isopropanol extracts, *Lab. assay*, **2**, 60 (1988).
7. Ohkawa H., Ohishi N., Yogi K., Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction, *Analit. Biochem.*, **2**, 351 (1979).
8. Basaga H.S., Biochemical aspects of free radicals, *Cell. Biol.*, **68**, **5**, 989 (1990).
9. Green L.L., Wagner D.A., Glogowski J. et al, Analysis of nitrate, nitrite and [¹⁵N] nitrate in biological fluids, *Anal. Biochem.*, **126**, **1**, 131 (1982).
10. Jsukahara H., Effect of NOS inhibitions on bone metabolism in growing rats, *Amer. J. Physiol.*, **270**, **5**, 840 (1996).

Поступила в редакцию 29.10.2015 г.

УДК 502.5:576.353

ЭКСПРЕСС-МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ

Ибрагимова Э. Э., Якубова З. А.

*ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь,
Республика Крым, Российская Федерация
E-mail: evelina_biol@mail.ru*

В статье представлены данные анализа и оценки и функционального состояния студентов второго курса. Анализ сердечной деятельности студентов методом электрокардиографии позволил установить у 57,15 % выраженные кардиологические отклонения. У 50 % испытуемых, отнесенных к группе риска, была установлена склонность к тахикардии ($91 \pm 2,47$). Электрокардиографические данные были подтверждены кристаллоскопическим исследованием слюны испытуемых. Установлены статистически значимые отличия кристаллографических картин фаций здоровых (I группа) и имеющих кардиологические отклонения (II группа) лиц. В частности, для представителей I группы наиболее характерными явились кристаллограммы (88,89 %) с однородной зоной кристаллизацией, расположенной по всей площади фации, характер деления кристаллов, углы кристаллизации и длина осей кристаллизации достаточно четко выражены. II группа испытуемых характеризовалась наличием фаций с нарушением процесса кристаллизации (58,33 %) вплоть до полного угнетения (8,33 %), что, по-видимому может являться следствием изменений их сердечной деятельности.

Ключевые слова: здоровье, студенты, сердечно-сосудистая система, электрокардиография, кристаллизация, слюна, кристаллоскопия, фация.

ВВЕДЕНИЕ

Здоровье является самой значимой жизненной ценностью любого человека, так как оно – необходимое условие для осуществления индивидуумом его витальных и социальных функций. Известно, что в процессе онтогенетического развития человека уровень его здоровья, в силу ряда объективных и субъективных факторов, меняется. К числу значимых следует отнести: наследственность, образ жизни, действие экологических факторов и т. д. В последние годы к числу факторов, оказывающих существенное влияние на здоровье, многие исследователи относят учебный процесс, являющийся неотъемлемым социальным компонентом жизни современного человека. В частности, было установлено, что к моменту завершения школы у молодых людей значительно снижаются показатели психического и физического здоровья [1, 2]. Ситуация еще больше усугубляется после поступления в высшие учебные заведения: количество студентов специальных медицинских групп с каждым годом неуклонно возрастает.

Большинство современных студентов-первокурсников имеют низкий уровень физического развития [3], что подтверждается данными медицинских осмотров [4] и первыми практическими занятиями по физической культуре [5]. Уже в возрасте

17–19 лет большая часть молодежи страдает заболеваниями сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, болезнями органов зрения и опорно-двигательного аппарата и др. [4]. Проблема усугубляется тем, что отмечается ухудшение состояния здоровья учащихся высших образовательных учебных заведений с переходом на старшие курсы. Так, если ко второму курсу количество случаев заболеваний увеличивается на 23 %, то к четвертому – на 43 % [6]. Данный факт свидетельствует о необходимости постоянного мониторинга состояния здоровья студенческой молодежи с целью выявления групп риска и установления причин отклонения от физиологических показателей. В связи с этим цель нашего исследования заключалась в оценке и анализе функционального состояния студентов Крымского инженерно-педагогического университета.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие студентки ($n = 21$) второго курса факультета психологии и педагогического образования Крымского инженерно-педагогического университета (средний возраст – $17,93 \pm 0,83$), которые, в соответствии с принципами Хельсинской Декларации (2013), были проинформированы о цели исследования и дали согласие на участие в нем.

Согласно схеме исследования, у испытуемых исследовали функциональное состояние по показателям сердечно-сосудистой деятельности и кристаллизации биологической жидкости (слюны).

Состояние сердечно-сосудистой системы испытуемых анализировали при помощи электрокардиограмм, которые снимали на электрокардиографе ЮКАРД-100. Кристаллоиндикация функционального состояния организма осуществлялась методом кристаллоскопии слюны испытуемых, так как данное направление биокристаломики основано на способности биогенных кристаллов выступать в качестве маркеров отдельных состояний организма [7]. Известно, что при высушивании слюны кристаллизуется, а при различных патологиях характер кристаллизации меняется [8], что определяется соматическим состоянием организма индивидуума [9]. В связи с этим некоторые показатели слюны являются чувствительными индикаторами серьезных системных заболеваний и состояний организма [10–12]. Кристаллоскопия положительно зарекомендовала себя в проведении скрининговых исследований для идентификации патологических состояний на ранних стадиях их развития. К числу преимуществ данного метода неинвазивной диагностики следует отнести его информативность, сравнительную простоту и возможность в сжатые сроки получения информации без ощутимых экономических затрат [3, 7, 13, 14].

Сбор биологического материала (слюны) в объеме 3–4 мл проводился с утра, до начала занятий, так как при нагрузках характер кристаллизации меняется [13, 15]. Перед проведением эксперимента испытуемые промывали ротовую полость водой. Препараты для микроскопического анализа готовились путем нанесения 0,3 мл слюны на предметное стекло с последующим высушиванием в горизонтальном положении. Диаметр капель составлял 7–10 мм. Капли высушивались при $t = 20\text{--}25$ °C воздуха. В процессе высыхания (5 часов) капли были неподвижны. Изучение фаций

кристаллограмм осуществляли с помощью системы морфометрического анализа изображений, включающей микроскоп “Leica” (объектив x16, x40, x90), видеокамеру Canon и ПК. Полученные кристаллограммы оценивали по 5-балльной шкале [13].

Математические расчеты были выполнены в Microsoft Excel XP. Статистическую обработку полученных данных осуществляли по U-критерию Манна-Уитни, позволяющему оценивать различия между двумя независимыми малыми выборками.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ электрокардиограмм студентов позволил обнаружить у большинства из них ряд физиологических отклонений сердечнососудистой системы. В связи с этим испытуемые, по кардиофизиологическим показателям, были разделены на 2 группы: группа I – здоровые, ЭКГ без изменений (28,57 %), и с незначительными отклонениями (у 14,28 % испытуемых регистрировалась синусовая аритмия), группа II – с выраженными отклонениями (57,15 % – группа риска). Следует отметить, что для испытуемых II группы наиболее характерными явились: нарушения процессов реполяризации на боковой стенке левого желудочка – 25 % от общего количества испытуемых группы риска; диффузные изменения в миокарде были обнаружены у 25 %; у 16,67 % отмечались метаболические изменения в миокарде; такое же количество случаев (16,67 %) имело признаки перегрузки в правом предсердии; у 8,33% – признаки начинающейся гипертрофии левого желудочка и такое же количество случаев (8,33 %) пришлось на блокаду правой ножки пучка Гисса. Для студентов первой группы была зарегистрирована ЧСС в пределах верхних границ нормы – $79,3 \pm 1,34$. Для 50 % испытуемых, отнесенных к группе риска, была отмечена общая тенденция к тахикардии ($91 \pm 2,47$), у 50 % II группы – ЧСС в пределах нормы ($73,83 \pm 1,99$).

Исследование фаций кристаллограмм позволило, согласно полученным морфотипам, распределить их на три группы: I – 3–4 балла (57,14 %), II – 1–2 балла (38,09 %), III – 0 баллов (4,76 %). Обращает на себя внимание тот факт, что ни одна из полученных кристаллограмм не была оценена в 5 баллов (рис. 1).

Проведенный анализ цифровых фотографий кристаллограмм, полученных при микроскопировании, показал, что имеются отличия по ряду показателей, к числу которых были отнесены: степень кристаллизации, характер деления кристаллов, длина осей кристаллизации и углы кристаллизации. Исследование кристаллограмм студентов, ЭКГ которых не имели особенных изменений, позволило установить довольно однородную зону кристаллизации, расположенную практически по всей площади фации (рис. 1 а, б, в). Полученные в данной группе кристаллограммы были оценены в 4 балла (55,55 %), 3 балла (33,34 %) и 2 балла (11,11 %) соответственно (рис. 2). Средний балл кристаллограмм составил $3,44 \pm 0,24$.

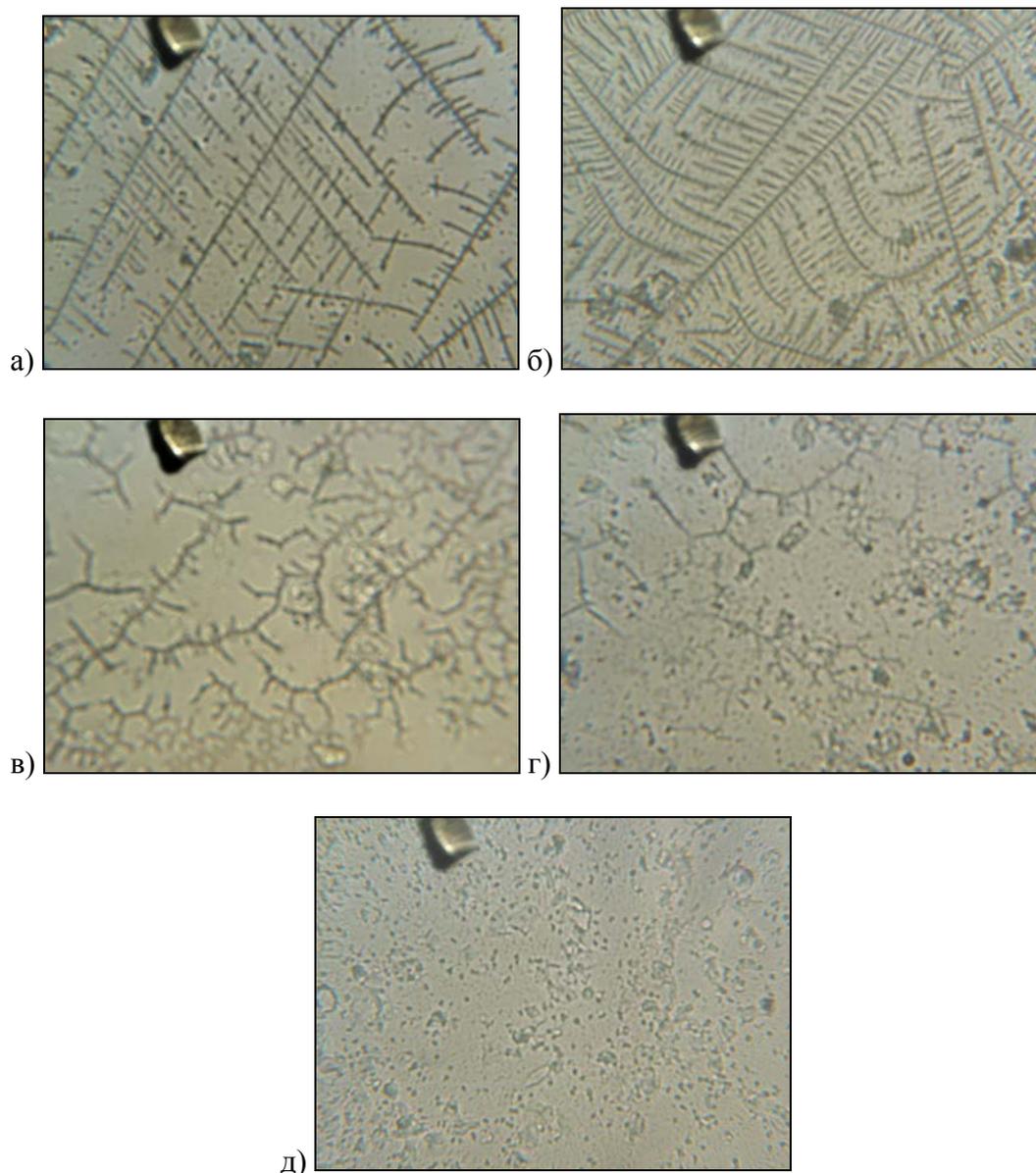


Рис. 1. Цифровые фотографии фаций кристаллограмм: а – 4 балла; б – 3 балла; в – 2 балла; г – 1 балл; д – 0 баллов.

Во II группе испытуемых, характеризующейся наличием изменений в сердечной деятельности, обнаруженных на электрокардиограммах, были установлены нарушения кристаллообразования, проявившиеся в неоднородности зоны кристаллизации, нарушении процесса ветвления кристаллов (см. рис. 1 в) и, как следствие, снижении длины дендритных образований и уменьшении количества

ответвлений (см. рис. 1 г). У студентов II группы морфотипы кристаллограмм соответствовали в большинстве своем $2,25 \pm 0,28$ баллов. В частности, количество кристаллограмм, оцененных в 3–4 балла, в данной группе составило 33,34 %; наибольшее количество составили кристаллограммы, оцененные в 1–2 балла – 58,33 %; кристаллографическая картина данных фаций характеризовалась выраженным нарушением процесса кристаллообразования, укорочением дендритных структур и выраженным нарушением их ветвления, в поле зрения идентифицировались различные аморфные образования. Следует отметить, что в данной группе были обнаружены кристаллограммы, оцененные в 0 баллов (8,33 %), в которых практически отсутствовали кристаллы и были характерны аморфные образования различной формы и величины (см. рис. 1 г).

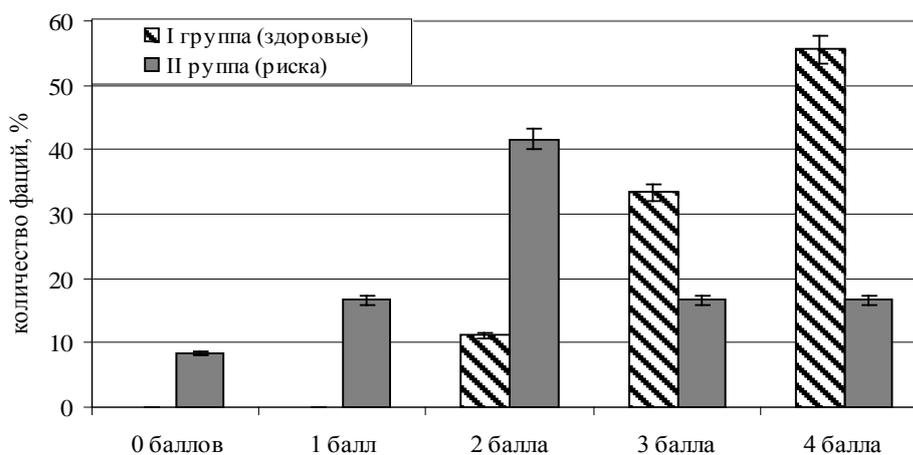


Рис. 2. Сравнительные показатели ранжирования кристаллограмм испытуемых I (здоровые, ЭКГ без изменений) и II (с выраженными отклонениями) групп.

Сравнение полученных данных по U-критерию Манна-Уитни позволило установить статистически значимые ($p < 0,05$) различия между I (здоровые и с незначительными отклонениями) и II (с выраженными отклонениями) группами студентов по особенностям кристаллизации их слюны. В частности, для представителей I группы наиболее характерными явились кристаллограммы (88,89 %) с однородной зоной кристаллизации, расположенной по всей площади фации, характер деления кристаллов, углы кристаллизации и длина осей кристаллизации достаточно четко выражены. II группа испытуемых характеризовалась наличием фаций с нарушением процесса кристаллизации (58,33 %) вплоть до полного угнетения (8,33 %), что, по-видимому может являться следствием изменений их сердечной деятельности. Полученные данные согласуются с имеющимися в литературе о возможности ранней диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы методами кристаллоскопии слюны [14]. Известно, что количественный и качественный состав слюны зависит от ряда

факторов: времени суток, количества и состава пищи, возраста, состояния центральной и вегетативной нервной системы, наличия заболеваний [16]. Слюноотделение контролируется вегетативной нервной системой. Центры слюноотделения локализованы в продолговатом мозге. Стимуляция парасимпатических окончаний вызывает образование большого количества слюны с низким содержанием белка, в то время как симпатическая – инициирует секрецию малого количества вязкой слюны [16, 17]. Важная роль в процессе кристаллизации слюны принадлежит гликопротеиду муцину, предотвращающему процесс агрегации мицелл $Ca_3(PO_4)_2$, в результате чего формируется характерная для «нормы» древовидная форма кристаллов [13, 17]. По-видимому, у студенток, имеющих функциональные отклонения в деятельности сердечно-сосудистой системы, нарушается процесс кристаллизации в результате вегетососудистых изменений. Однако данное предположение требует дальнейших исследований, что и ляжет в основу наших последующих научных работ.

Следовательно, метод кристаллоиндикации физиологического состояния организма может использоваться для скрининга различных, зачастую скрытых, патологий, так как не только удобен для практического применения, но и достаточно быстро позволяет получить информативный результат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ сердечно-сосудистой деятельности студентов методом электрокардиографии позволил установить у 57,15% выраженные кардиологические отклонения. У 50% испытуемых, отнесенных к группе риска, была установлена склонность к тахикардии ($91 \pm 2,47$).
2. Электрокардиографические данные были подтверждены кристаллоскопическим исследованием слюны испытуемых. Установлены статистически значимые отличия кристаллографических картин фаций здоровых и имеющих кардиологические отклонения лиц.
3. Для студентов группы риска были характерны кристаллограммы с нарушением процесса кристаллизации (58,33%) вплоть до полного его угнетения (8,33%).
4. Метод кристаллоиндикации физиологического состояния организма может использоваться для скрининга различных патологий, так как не только удобен для практического применения, но и достаточно быстро позволяет получить информативный результат.

Список литературы

1. Аршинская Е.Л. Влияние учебной нагрузки на эмоциональное состояние школьников / Е.Л. Аршинская // Вестник ТГПУ. – 2014. – № 5 (146). – С. 58–64.
2. Вишневский В.А. Психоэмоциональная и физиологическая «цена обучения» и результаты учебной деятельности на различных этапах школьного онтогенеза / В.А. Вишневский, Н.А. Агаджанян, А.А. Марьяновский, А.В. Гулин // Теория и практика физической культуры. – 2011. – № 6. – С. 83–89.
3. Ибрагимова Э.Э. Кристаллоиндикация функционального состояния студентов-первокурсников при учебных нагрузках / Э.Э. Ибрагимова, З.А. Якубова // Результаты научных исследований:

- сборник статей Международной научно-практической конференции (5 октября 2015 г., г. Екатеринбург). Ч. 2 – Уфа: АЭТЕРНА, 2015. – С. 37–39.
4. Якубова З.А. Анализ состояния здоровья студентов Крымского инженерно-педагогического университета / З.А. Якубова, Э.Э. Ибрагимова // *Адаптация учащихся всех ступеней образования в условиях современного образовательного процесса: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / Под общ. ред. В.Н. Крылова. – Арзамас: АФ ННГУ, 2014. – С. 325–328.*
 5. Волжакова В.В. Здоровье и физическое воспитание студенческой молодежи в Тюменской государственной сельскохозяйственной академии / В.В. Волжакова // *Успехи современного естествознания. – 2009. – № 2 – С. 32–33*
 6. Шагина И.Р. Медико-социальный анализ влияния учебного процесса на состояние здоровья студентов медицинского ВУЗа: по материалам Астраханской области. Диссертация кандидата социологических наук: 14.02.05 / Шагина Инна Рудольфовна. – Астрахань, 2010. – 252 с.
 7. Мартусевич А.К. Физиология и патология кристаллостаза: общая парадигма и перспективы изучения / А.К. Мартусевич, А.В. Воробьев, А.А. Гришина, А.П. Русских // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2010. – № 1. – С. 135–139.*
 8. Салюк О.Д. Особливості мікрокристалізації змішаної слини в китайських студентів / О.Д. Салюк // *Український стоматологічний альманах. – 2014. – № 3. – <http://cyberleninka.ru/article/n/osoblivosti-mikrokristalizatsiyi-zmishanoyi-slini-v-kitayskih-studentiv>.*
 9. Шаковец Н.В. Слюна: значение для органов и тканей в полости рта в норме и при патологии / Н.В. Шаковец, Е.В. Лихорад // *Медицинский журнал. – 2013. – № 3. – С. 7–11.*
 10. Saliva: its role in health and disease. Working Group 10 of the Commission on Oral Health, Research and Epidemiology (CORE) // *Int. Dent. J. – 1998. – Vol. 42, № 4, suppl. 2. – P. 287–304.*
 11. Aps J.K. Review: The physiology of saliva and transfer of drugs into saliva / J.K. Aps, L.C. Martens // *Forensic Sci Int. – 2005. – Vol. 150, №2-3. – P. 119–131.*
 12. Significance of saliva for the denture-wearing population / W. Niedermeier, M. Huber, D. Fischer [et al]. // *Gerontology. – 2000. – Vol. 17, № 2. – P. 104–118.*
 13. Бельская Л.В. Экспериментальное исследование кристаллизации биологических жидкостей / Л.В. Бельская, О.А. Голованова, Е.С. Шукайло, В.Г. Турманидзе // *Вестник ОНЗ РАН. – Т. 3. – 2011. – <http://onznews.wdcb.ru/publications/v03/asempg11ru/2011NZ000142R.pdf>.*
 14. Ступин В.А. Разработка ранней диагностики заболеваний по анализу слюны человека / В.А. Ступин, Е.В. Силина, Д.В. Колесов // *Результаты научных исследований: сборник статей Международной научно-практической конференции (5 октября 2015 г., г. Екатеринбург). Ч. 2 – Уфа: АЭТЕРНА, 2015. – С. 193-196.*
 15. Мартусевич А.К. Информативность исследования кристаллогенеза слюны спортсменов-лыжников в прогнозировании результативности их выступления / А.К. Мартусевич // *Вестник спортивной науки. – 2007. – Выпуск 4. – С. 27–32.*
 16. Тарасенко Л.М. Биохимия органов полости рта (учебное пособие). / Л.М. Тарасенко, К.С. Непорада. – Полтава: Видавництво «Полтава», 2008. – 70 с.
 17. Прудникова З.П. К вопросу об изменениях в кристаллической структуре слюны при заболеваниях полости рта / З.П. Прудникова, Н.Ф. Камакин // *Медицина и здравоохранение: материалы междунар. науч. конф. (г. Чита, ноябрь 2012 г.). – Чита: Издательство Молодой ученый, 2012. – С. 42–47.*

EXPRESS MONITORING OF THE STUDENTS' STATE OF HEALTH

Ibragimova E. E., Yakubova Z. A.

*Crimean Engineering-Pedagogical University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: evelina_biol@mail.ru*

The article presents the analysis' data and estimation and a functional state of the second-year students. The analysis of the students' cardiac activity by means of electrocardiography allowed to identify 57,15% of students with noticeable cardiological deviations. 50% of the examinees related to the risk group was diagnosed with a tendency to tachycardia ($91 \pm 2,47$). Electrocardiographic data were confirmed with crystallographic research of examinees' saliva. Statistically significant differences of crystallographic facies images of healthy individuals (I group) and having cardiological deviations ones (II group) are determined.

The analysis of crystallograms obtained during microscoping showed that there are some differences on a number of indicators including: the extent of crystallization, nature of crystals' division, length of crystallization's axes and corners of crystallization. The research of students' crystallograms, whose electrocardiograms had no special changes, allowed to determine quite homogeneous zone of crystallization located practically on all facies' area. The received crystallograms in this group were estimated at 4 points (55,55%), 3 points (33,34%) and 2 points (11,11%) accordingly. The GPA of crystallograms made $3,44 \pm 0,24$.

The II group of the examinees which is characterized with some changes in the cardiac activity found out on electrocardiograms, possesses some crystallization violations shown in heterogeneity of crystallization zone, violation of crystals branching process and, as a result, decrease in length of branching formations and reduction of number of branches. The crystallograms of the students of the II group corresponded on average $2,25 \pm 0,28$ points. The crystallographic image of facies' data was characterized by noticeable violation of crystallization as well as by shortening of the branched structures and the evident violation of their branching, various amorphous formations were identified. It should be noted that in this group the crystallograms estimated at 0 points (8,33%) which practically had no crystals were found and amorphous formations of various form and size were determined.

The obtained data allow recommending a method of a crystallization of a physiological condition of an organism for screening of various pathologies as its application allows to receive an informative result.

Keywords: health, students, cardiovascular system, electrocardiography, crystallization, saliva, crystalloscopes, facies.

References

1. Arshinskaya E.L. The influence of training workload on the emotional state of schoolchildren, *TSPU Bulletin*, 5 (146), (2014), p. 58.
2. Vishnevskiy V.A., Aghadzhanyan N.A., Maryanovskiy A.A., Gulin A.V. Psychoemotional and physiological "price of teaching" and results of educational efforts during different stages of school ontogenesis, *Theory and practice of physical culture*, 6 (2011), p. 83.

3. Ibragimova E.E., Yakubova Z.A. Crystalloindication of a functional condition of first-year students at academic loads, *Results of Scientific Researches: Collection of articles of the International Scientific and practical Conference* (on October 5, 2015, Yekaterinburg), p. 37.
4. Yakubova Z.A., Ibragimova E.E. Analysis of the state of health of students of the Crimean Engineering and Pedagogical University, *Adaptation of pupils of all steps of education in the conditions of modern educational process: Materials X of the All-Russian Scientific and practical Conference with the International participation*, (Arzamas, 2014), p. 325.
5. Volzhakova V.V. Health and physical training of student's youth in the Tyumen state agricultural academy, *Achievements of modern Natural Sciences*, 2 (2009), p. 32.
6. Shagina I.R. Medico-social analysis of influence of educational process on a state of health of students of medical university: on materials of the Astrakhan region, *Master's thesis of sociological sciences*, (Astrakhan, 2010), 252 p.
7. Martusevich A.K., Vorobyov A.V., Grishina A.A., Russkih A.P. Physiology and pathology of a crystallostaz: general paradigm and prospects of studying, *Bulletin of the Nizhny Novgorod university of N.I. Lobachevsky*, 1 (2010), p. 135.
8. Salyuk O.D. Features of microcrystallization of the mixed saliva at the Chinese students, *Ukrainian stomatologic almanac*, 3 (2014), <http://cyberleninka.ru/article/n/osoblivosti-mikrokristalizatsiyi-zmishanoyi-slini-v-kitayskih-studentiv>.
9. Shakovets N.V., Likhonad E.V. Saliva: value for bodies and fabrics in an oral cavity in norm and at pathology, *Medical magazine*, 3 (2013), p. 7.
10. Saliva: its role in health and disease. Working Group 10 of the Commission on Oral Health, Research and Epidemiology (CORE), *Int. Dent. J.*, 42, 4, 2 (1998), p. 287.
11. Aps J.K., Martens L.C. Review: The physiology of saliva and transfer of drugs into saliva, *Forensic Sci Int.*, 150, 2-3 (2005), p. 119.
12. Niedermeier W., Huber M., Fischer D., Beier K., Muller N., Schuler R., Brinninger A., Fartasch M., Diepgen T., Matthaeus C., Meyer C., Hector M.P. Significance of saliva for the denture-wearing population, *Gerontology*, 17, 2 (2000), p. 104.
13. Belskaya L.V., Golovanova O.A., Shukailo E.S., Turmanidze V.G. Pilot study of crystallization of biological liquids, *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 3 (2011), <http://onznnews.wdcb.ru/publications/v03/asempg11ru/2011NZ000142R.pdf>.
14. Stupin V.A., Silina E.V., Kolesov D.V. Development of early diagnosis of diseases according to the analysis of a saliva of the person, *Results of Scientific Researches: Collection of articles of the International Scientific and practical Conference* (on October 5, 2015, Yekaterinburg), p. 193.
15. Martusevich A.K. Information's of research of a crystallogenes of a saliva of athletes-skiers in forecasting of productivity of their performance, *Messenger of sports science*, 4 (2007), p. 27.
16. Tarasenko L.M., Neporada K.S. *Biochemical of bodies of oral cavity*, Poltava publishing house, 2008, 70 p.
17. Prudnikova Z.P., Kamakin N.F. To a question of changes in crystal structure of a saliva at diseases of oral cavity, *Medicine and health care: Materials of the International Scientific Conference* (Chita, November, 2012), p. 42.

Поступила в редакцию 09.11.2015 г.

УДК 577.39:637.07:539.1.047:614.876

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ^{210}Pb И ^{210}Po В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ И ИХ ВКЛАД В ДОЗОВУЮ НАГРУЗКУ ЖИТЕЛЕЙ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

Клементьева Е. А.

*ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», Гомель, Беларусь
E-mail: kattya-klem@outlook.com*

Качество природных вод, используемых человеком, является одним из приоритетных факторов его нормальной жизнедеятельности. Установлено содержание ^{210}Po в пробах природных вод в пределах 0,01–0,26 Бк/кг. В единичных образцах обнаружено превышение уровня вмешательства для этого радионуклида (0,12 Бк/кг). Содержание ^{210}Pb в исследуемых образцах составило 0,006 – 0,15 Бк/кг и удовлетворяет национальным нормам для питьевой воды, полученные значения ниже уровня вмешательства (0,20 Бк/кг). Получены результаты оценки среднего годового потребления радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po с питьевой водой для различных возрастных групп населения.

Ключевые слова: свинец-210, полоний-210, природные воды, годовая эффективная доза

ВВЕДЕНИЕ

Природные условия Республики Беларусь благоприятны для накопления и возобновления ресурсов подземных вод. Этому способствуют повсеместное распространение мощной толщи осадочных водопроницаемых отложений, влажный климат, благоприятные условия инфильтрации атмосферных осадков, тесная гидравлическая взаимосвязь поверхностных и подземных вод.

Подземные воды относятся к категории полезных ископаемых, отличительной особенностью которых от других видов является их возобновляемость, динамичность ресурсов, тесная зависимость их количества и качества от изменчивых природно-климатических и антропогенных факторов.

Ресурсы пресных подземных вод на территории Республики Беларусь распространены повсеместно и связаны с разновозрастными геологическими формациями. Имеется 13 водоносных горизонтов, которые используются или могут использоваться для централизованного водоснабжения. Мощность водоносных слоев пресных вод в разных районах Беларуси в целом варьирует от 50–150 до 400–450 м и более.

В Беларуси централизованное водоснабжение городов, городских и сельских поселков и промышленных предприятий базируется на использовании пресных подземных вод с утвержденными эксплуатационными запасами, приуроченными к водоносным горизонтам и комплексам четвертичных и дочетвертичных отложений

зоны активного водообмена, и осуществляется путем эксплуатации как групповых водозаборов, так и одиночных скважин.

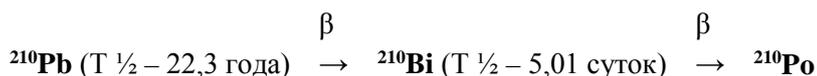
Артезианские подземные воды являются резервным источником воды для нужд населения в чрезвычайных и кризисных ситуациях. Состав и состояние природных вод под влиянием различных факторов могут претерпевать серьезные изменения. Как правило, переход радионуклидов из вмещающих пород в воду является результатом таких процессов, как растворение неустойчивых минералов и выщелачивание, т. е. переход элементов из минерала в раствор без нарушения целостности кристаллической решетки. Вследствие этого происходит нарушение радиоактивного равновесия в рядах урана ($^{238,235}\text{U}$) и тория (^{232}Th), обусловленное различиями в миграционных характеристиках и геохимических свойствах радиоактивных элементов и их изотопов, т. е. в водах, в отличие от горных пород и почв, соотношения между разными радионуклидами и изотопами одного элемента могут отличаться от равновесных в десятки и сотни раз. Солевой и радионуклидный состав природных вод варьирует в очень широком диапазоне, в зависимости от типа вод (речные, озерные, грунтовые, подземные), климатических условий преобладание осадков или испарения), состава вмещающих пород, тектонических особенностей района. При этом, как правило, природная радиоактивность обусловлена, прежде всего, присутствием изотопов урана ($^{238,234}\text{U}$), радия ($^{226,228,224}\text{Ra}$), радона ($^{222,220}\text{Rn}$), полония (^{210}Po), свинца (^{210}Pb), калия (^{40}K). Содержание тория (^{232}Th) в водах весьма низкое, но могут встречаться повышенные активности менее долгоживущих изотопов ($^{228,230}\text{Th}$). Диапазон вариаций природных содержаний одного радионуклида даже в водах одного типа в пределах одной климатической зоны может достигать одного порядка, а в разных климатических зонах – 2-4 порядков.

Определение естественных и техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды (в воздухе, в природных водах и почвах, в продуктах питания и т. п.) позволяет оценить возможную опасность радиационного воздействия на здоровье человека. В то же время исследование распределения радионуклидов в окружающей среде может дать ценную информацию о происходящих в ней процессах [1]. Для обеспечения радиационной безопасности питьевого водоснабжения населения необходима информация об удельной активности радионуклидов, присутствующих в питьевой воде. В соответствии с рекомендациями ВОЗ в действующих нормативных документах установлены жесткие требования к содержанию радионуклидов и к порядку проведения радиационного контроля питьевой воды. Проведение радиационного контроля воды является сложной задачей, поскольку сама вода является сложным объектом для анализа.

По данным НКДАР ООН, вклад питьевой воды в суммарную дозу облучения населения обусловлен, в основном, присутствующими в воде радионуклидами природных рядов урана и тория. Наибольший вклад в формирование дозы облучения за счет потребления питьевой воды вносят изотопы урана (^{238}U и ^{234}U), радия (^{226}Ra и ^{228}Ra), радон (^{222}Rn) и полоний-210 (^{210}Po), в меньшей степени – свинец-210 (^{210}Pb) и изотопы тория (^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th) [2].

Содержащиеся в воде радионуклиды поступают в биологические объекты – растения, организмы животных и человека – и оказывают влияние на формирование дозы облучения населения. Сравнительно недавно поведению ^{210}Pb в биосфере стали уделять особое внимание. Бета-излучающий ^{210}Pb – высокотоксичный радионуклид, к содержанию которого в питьевой воде предъявляются жесткие требования (уровень вмешательства – 0,20 Бк/кг).

К числу радиотоксичных природных радионуклидов принадлежит альфа-излучающий ^{210}Po ($T_{1/2}$ – 138,4 сут.), являющийся одним из последних радионуклидов в ряду распада ^{238}U . Он образуется в результате двух последовательных электронных бета-распадов ^{210}Pb по схеме:



Ядро ^{210}Po испускает альфа-частицы с энергией 5,3 МэВ, превращаясь в стабильный нуклид ^{206}Pb . При содержании радионуклида ^{210}Po в воде питьевого назначения 0,12 Бк/кг (уровень вмешательства) должны предприниматься специальные меры по очистке воды от этого радионуклида.

Качество природных вод, используемых человеком, является одним из приоритетных факторов его нормальной жизнедеятельности. Поэтому изучению поведения и техногенных, и естественных радионуклидов в природных водах и компонентах окружающей среды, откуда они могут поступать в источники питьевого водоснабжения населения, уделяется значительное внимание исследователями многих стран. В качестве основных источников водоснабжения населения используются поверхностные (речные, озерные), грунтовые (колодезные) и воды скважинного водоподъема (артезианские).

Цель исследования – оценить содержание радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в образцах природных вод, которые используются в качестве источников питьевой водоснабжения, сравнить полученные данные с нормативами для питьевой воды, установленными в Беларуси, и оценить дозы внутреннего облучения населения юго-восточного региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования служили образцы поверхностных и подземных вод, отобранные на территории Гомельской и Могилевской областей в 2008–2011 гг.

Содержание радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в пробах природных вод определялось по методике [3], в соответствии с которой ^{210}Po осаждался на полированный медный диск из солянокислого раствора после разрушения органических компонентов и концентрирования анализируемой пробы. Излучение регистрировалось альфа-спектрометром Alpha Analyst фирмы «Canberra» с полупроводниковыми детекторами типа А 450–20АМ Alpha Pips. Эффективность регистрации альфа-излучения радионуклида детекторами составляла 30%, минимальная детектируемая активность радионуклида (МДА) – 1×10^{-3} Бк на пробу. Результаты измерений

математически обрабатывались с помощью пакета прикладных программ «Genie 2000 Alpha-арех». В оставшемся растворе после выделения ^{210}Po осаждался ^{210}Pb с применением в качестве носителя радионуклида стабильного свинца. После осаждения ^{210}Pb и подготовки счетных мишеней с помощью радиометра LB-770PC («Berthold», Германия) определялась активность дочернего изотопа ^{210}Bi , по которой оценивалась активность ^{210}Pb (МДА – 0,033 Бк на пробу).

Относительные неопределенности анализа проб вод на содержание ^{210}Pb в большинстве случаев не превышали 20%, а ^{210}Po – 25 % при доверительной вероятности 0,95.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа водных проб с указанием среднего значения, стандартного отклонения, минимума и максимума представлены в таблице 1.

Результаты исследований показали, что самое низкое среднее содержание исследуемых радионуклидов (^{210}Pb – 0,023, ^{210}Po – 0,017 Бк/кг) свойственно водам поверхностных водоемов, а самое высокое (^{210}Pb – 0,080, ^{210}Po – 0,070 Бк/кг) – пробам воды скважинного водоподъема (артезианские). Пониженное по сравнению с другими видами природных вод содержание ^{210}Po в поверхностных водах может быть связано с высокой склонностью радионуклида к образованию положительно заряженных коллоидных частиц при характерных для этих вод pH 6–7. Эти частицы могут легко захватываться отрицательно заряженной поверхностью присутствующих в воде в коллоидном состоянии глинистых минералов и вместе с ними оседать на дно водоемов.

Таблица 1
Содержание ^{210}Pb и ^{210}Po в природных водах (Бк/кг)

Пробы воды (количество проб)	Среднее значение	Стандартное отклонение	Минимум	Максимум
Свинец-210				
Поверхностные (10)	0,023	0,031	0,011	0,110
Грунтовые (10)	0,055	0,018	0,031	0,092
Артезианские (35)	0,080	0,034	0,006	0,150
Полоний-210				
Поверхностные (10)	0,017	0,013	0,011	0,053
Грунтовые (10)	0,049	0,023	0,021	0,093
Артезианские (35)	0,070	0,048	0,010	0,260

В ходе выполнения исследования было установлено, что содержание ^{210}Po в пробах природных вод находятся в пределах 0,01–0,26 Бк/кг. В некоторых образцах обнаружено превышение уровня вмешательства для этого радионуклида (0,12 Бк/кг). Содержание ^{210}Pb составило 0,006–0,15 Бк/кг и удовлетворяет национальным

нормам для питьевой воды, потому что эти значения ниже уровня вмешательства (0,20 Бк/кг).

Проведено изучение распределения радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в артезианских водах в зависимости от глубины вскрытия скважин (Рис. 1).

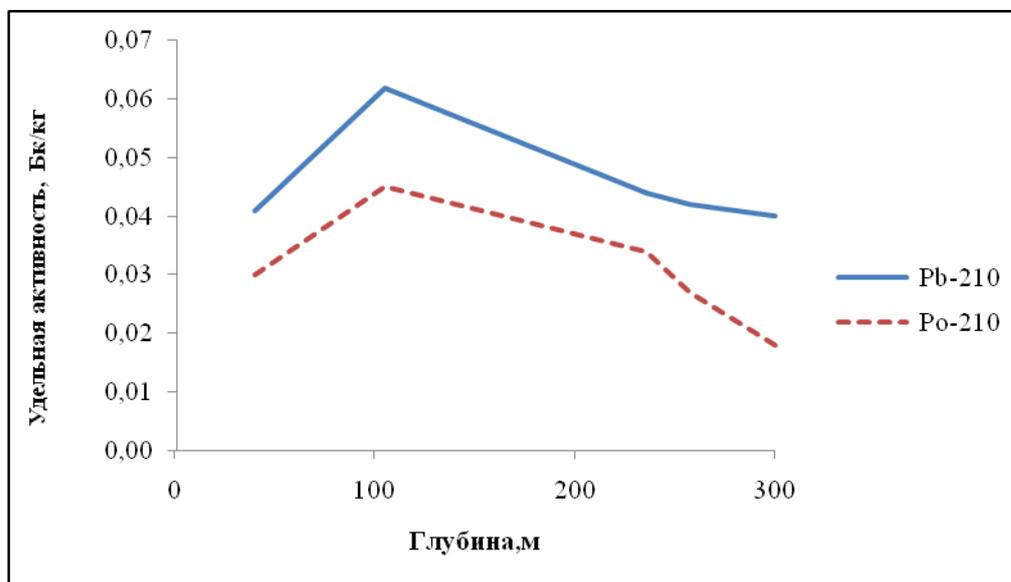


Рис.1. Содержание радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в артезианских водах в зависимости от глубины их залегания

Глубина исследуемых артезианских скважин составляла от 40 до 300 м. Содержание исследуемых радионуклидов варьировало в широких пределах. Максимальное содержание ^{210}Pb и ^{210}Po в артезианских водах юго-восточного региона Беларуси отмечено при глубине вскрытия около 100 м.

Информации о содержании радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в рационе жителей Республики Беларусь в настоящее время мало. В этой работе исследовано содержание ^{210}Pb и ^{210}Po в питьевой воде и проведена оценка вклада в эффективную дозу внутреннего облучения для населения юго-восточного региона Беларуси от данного источника. Оценка эффективных доз была рассчитана для 3 групп населения (< 1 год, 1–10 лет, > 10 лет). Годовая эффективная доза внутреннего облучения каждой группы населения в результате поступления радионуклида в организм с питьевой водой рассчитана с помощью формулы:

$$D_i = C_i \times I \times Q,$$

где D_i (мкЗв/год) – среднегодовая эффективная доза, обусловленная поступлением i -го радионуклида в организм членов рассматриваемой группы населения с питьевой водой; C_i – среднеарифметическое значение удельной

активности питьевой воды по i -му радионуклиду (Бк/кг); I – годовое потребление воды (кг/год); Q – дозовый коэффициент для рассматриваемого радионуклида при его пероральном поступлении в организм, мкЗв/Бк (таблица 2).

Таблица 2
Дозовые коэффициенты, рекомендованные НКДАР ООН [4]

Q , мкЗв/Бк	< 1 года	1–10 лет	> 10 лет
$Q(^{210}\text{Pb})$	3,6	1,9	0,7
$Q(^{210}\text{Po})$	8,8	2,6	1,2

В таблице 3 приведены результаты оценки среднего годового потребления радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po с питьевой водой для исследуемых возрастных групп. Анализ показывает, что употребление ^{210}Pb с питьевой водой для населения юго-восточного региона составляет 6–19 Бк. Это составляет 2–7 % предела годового поступления для ^{210}Pb (ППП) с пищей и водой (280 Бк) [5]. В то же время поступление ^{210}Po (4–14,5 Бк) с питьевой водой в исследуемых группах населения составило 4–13 % республиканского ППП для ^{210}Po с пищей и водой (110 Бк).

Таблица 3
Среднее годовое поступление ^{210}Pb и ^{210}Po с питьевой водой, эффективная доза для каждой возрастной группы населения юго-восточного региона Беларуси

Возрастные группы	Поступление, Бк/год		Эффективная доза, мкЗв/год	
	^{210}Pb	^{210}Po	^{210}Pb	^{210}Po
< 1 года	5,70	4,35	20,52	38,28
1–10 лет	13,30	10,15	25,27	26,39
> 10 лет	19,00	14,50	13,30	17,40

Эффективные дозы для изученных возрастных групп населения юго-восточного региона Беларуси при поступлении ^{210}Pb и ^{210}Po в организм с питьевой водой приведены в таблице 3.

Согласно данным НКДАР ООН (2000 г.) [4], среднегодовая эффективная доза облучения среднестатистического жителя Земли учитывает воздействие радиации естественных и техногенных источников излучения: соответственно 2,0 мЗв и 0,421 мЗв; в сумме – 2,421 мЗв. При этом естественное (природное) облучение складывается из «земного» (1,675 мЗв) и «космического» (0,315 мЗв). В составе «земного» облучения 1,325 мЗв приходится на долю внутреннего облучения. К сожалению, аналогичная достоверная информация о структуре облучения жителей Гомельской области или Республики Беларусь за счет всех источников ионизирующего излучения отсутствует. Расчетная в результате проведенной работы годовая эффективная доза внутреннего облучения в результате поступления ^{210}Pb и ^{210}Po с питьевой водой составляет 2–3,5 % от дозы внутреннего облучения среднего человека на Земле. Развитие направления исследования содержания радионуклидов

^{210}Pb и ^{210}Po не только в питьевой воде, но и в других компонентах экосистем юго-восточного региона Беларуси представляют интерес для получения информации о формировании внутреннего облучения жителей за счет всех источников ионизирующего излучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вопрос о содержании естественных радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в питьевой воде не был глубоко изучен в Беларуси. Имеющиеся в настоящее время данные очень фрагментарны. В данной работе с использованием современных радиохимических методов анализа и идентификации радионуклидов получены данные о содержании ^{210}Pb и ^{210}Po в питьевой воде юго-восточного региона Беларуси.

В ходе выполнения исследования было установлено, что содержание ^{210}Po в пробах природных вод юго-восточного региона Беларуси находятся в пределах 0,01–0,26 Бк/кг. В некоторых образцах обнаружено превышение уровня вмешательства для этого радионуклида (0,12 Бк/кг). Содержание ^{210}Pb в исследуемых образцах составило 0,006–0,15 Бк/кг и удовлетворяет национальным нормам для питьевой воды, потому что эти значения ниже уровня вмешательства (0,20 Бк/кг).

В рамках исследования проведено изучение распределения радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в артезианских водах. Проанализирована зависимость содержания ^{210}Pb и ^{210}Po от глубины вскрытия скважин. Содержание исследуемых радионуклидов варьировало в широких пределах. Максимальные значения содержания радионуклидов в артезианских водах отмечены при глубине вскрытия скважин около 100 м.

Получены результаты оценки среднего годового потребления радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po с питьевой водой для различных возрастных групп населения. Установлено, что поступление ^{210}Pb с питьевой водой в организм населения юго-восточного региона составляет 6–19 Бк. Этот показатель составляет 2–7 % установленного республиканского предела годового поступления для ^{210}Pb (ППП) с пищей и водой (280 Бк). В то же время поступление ^{210}Po (4–14,5 Бк) с питьевой водой для исследуемых групп населения составило 4–13 % республиканского ППП для ^{210}Po с пищей и водой (110 Бк).

Изучение содержания и поведения радионуклидов ^{210}Pb и ^{210}Po в водных источниках Беларуси и других компонентах экосистем представляет интерес и требует дальнейшего исследования.

Список литературы

1. Сапожников, Ю.А. Радиоактивность окружающей среды [Электронный ресурс] : теория и практика / Ю.А. Сапожников, Р.А. Алиев, С.Н. Калмыков. — 2-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 289 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — (Методы в химии).
2. Инструкция 2.6.1.10-12-22-2006 Оценка индивидуальных доз облучения населения, за счет природных источников ионизирующего излучения. — Мн., 2006.

3. МВИ. Мн 2608-2006. «Методика определения удельной активности естественных радионуклидов (полония-210, свинца-210, радия-224, радия-226, радия-228) в пробах поверхностной и питьевой воды».
4. UNSCEAR (2000). United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Ionizing (2000). Sources and effects of ionizing radiation, New York: Report to the General Assembly with Annex.
5. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000) ГН 2.6.1.8 – 127.-2000.-124с.

EVALUATION OF THE CONTENT OF ^{210}Pb AND ^{210}Po RADIONUCLIDES IN NATURAL WATERS AND THEIR CONTRIBUTION INTO THE DOSE OF SOUTH-EASTERN BELARUS

Klementjeva E. A.

*Institute of Radiobiology of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus
E-mail: katya-klem@outlook.com*

Natural water is a complex object radioecological study. Its chemical and radionuclide composition depends on the type of soil, structural and morphological and chemical composition of the surrounding rocks, geomorphology watershed, climatic conditions, and the level and specificity anthropogenic impacts on natural systems. Relations between radionuclides in water natural sources may differ significantly from the equilibrium.

The main influence on the behavior of radionuclides in natural waters exerts chemical characteristics elements. Since all of the products of radioactive decay series of uranium and thorium are in nature in ultrasmall concentrations, no less a role in their behavior plays a hydrochemical isotopic and non-isotopic presence of carriers of radionuclides, as well as the ability to form dilute solutions radiocolloids. Daughter of radionuclides decay products it is recoil atoms that eases the transition to a solution of the solid phase.

Radionuclides in the water intake in biological objects - plants, animals and humans, and have an impact on the formation of the radiation dose of the population. The quality of natural water used by humans is one of the priority factors of its normal life. Is therefore studying the behavior of anthropogenic and natural radionuclides in natural waters and environmental components where they can enter the water supply sources of the population, received considerable attention by researchers in many countries. The main water supply sources of the population uses surface (river, lake), ground (soaking pits) and water borehole water lift (artesian).

The goal of the work is assessment of activity concentrations of ^{210}Pb and ^{210}Po in the samples of natural waters, which are used as the sources of drinking water and comparison the received data with standards for drinking water established in Belarus (RPL-2000). The objects of the investigation were the surface and ground waters, which were sampled within the territory of Gomel and Mogilev regions in 2008-2011.

The content of radionuclides ^{210}Pb and ^{210}Po in water samples were determined by the method [1] according to which the polonium was deposited on a polished copper disk of a hydrochloric acid solution. The emission ^{210}Po was recorded alpha spectrometer

AlphaAnalyst company «Canberra» with semiconductor detectors type A 450-20 AM AlphaPips. The efficiency of detection of alpha radiation radionuclide was 30%, MDA – 0.001 Bq per sample. The results of the alpha spectrometric measurements mathematically processed using the application package «Genie 2000 Alpha-apex». Further in the solution was precipitated using a lead carbonate as a carrier of radionuclide stable lead. After 20-25 days radiometer LB-770PC («Berthold», Germany) activity was measured ^{210}Bi , which evaluated the activity of the parent radionuclide ^{210}Pb . The minimum detectable activity (MDA) ^{210}Bi was 0.033 Bq per sample.

The activity concentrations of natural radionuclides in drinking water are not usually studied in Belarus. Available data ^{210}Pb and ^{210}Po in these samples is very small. In this paper, the ^{210}Pb and ^{210}Po activity concentrations were determined in more than 50 water sources. The data obtained may provide information about the background activity concentrations of ^{210}Pb and ^{210}Po help increase database of natural radioactivity in Belarus.

It was established that activity concentrations of radionuclides in the water samples are within the limits for ^{210}Po in the water samples and varies in the range 0.01–0.26 Bq·kg⁻¹. But in some water samples it was higher than the intervention level for this radionuclide that is equal to 0.12 Bq·kg⁻¹. Activity concentration of ^{210}Pb in water samples was 0.006–0.15 Bq·kg⁻¹ and corresponds to operating standard for drinking water because it is lower than intervention level (0.20 Bq·kg⁻¹).

Obtained data shows that distribution of radionuclides in the ground waters depend on the depth of artesian well. Activity of ^{210}Pb and ^{210}Po in groundwater varies within wide limits with changes of depth. The maximum concentration of the radionuclides is in artesian water of the Gomel and Mogilev regions sampled at a depth of about 100 meters.

The calculated total annual effective dose of internal exposure as a result of ingestion of ^{210}Pb and ^{210}Po in the human body with drinking water is 2-3.5% of the internal dose of the average inhabitant of the Earth.

The study of the activity concentrations of ^{210}Pb and ^{210}Po in water sources of Belarus is of interest and requires further research.

Keywords: lead-210, polonium-210, natural waters, annual effective dose.

References

1. Sapozhnikov Yu. A., Aliyev R. A., Kalmykov S. N. Environment radioactivity [Electronic resource]: theory and practice, Electron. text it is given. (1 PDF file: 289 p), Moscow, BINOM, Laboratory of knowledge, (2015), (Methods in chemistry) <http://files.lbz.ru/pdf/cC2791-1-ch.pdf>
2. The instruction 2.6.1.10-12-22-2006 Assessment of individual doses of radiation of the population, at the expense of natural sources of ionizing radiation, Minsk (2006).
3. 2608-2006, Methods of determining the specific activity of natural radionuclides (polonium-210, lead-210, radium-224, radium-226, radium-228) in samples of surface and drinking water Minsk (2006)
4. UNSCEAR (2000). United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Ionizing (2000). Sources and effects of ionizing radiation, New York: Report to the General Assembly with Annex.
5. Radiation Safety Standards (RSS-2000), Minsk, 124 (2000).

Поступила в редакцию 15.10.2015 г.

УДК 502.753

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХВОИ КРЫМСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ *JUNIPERUS FOETIDISSIMA* WILLD.

Коренькова О. О.

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым,
Российская Федерация
E-mail: o.o.korenkova@mail.ru

Приведены результаты изучения морфологических особенностей хвои крымской популяции *Juniperus foetidissima* Willd., а также одной особи, произрастающей на нижнем плато Чатыр-Дага. Результаты проведенных исследований позволили выявить отсутствие закономерностей между параметрами хвои особей и почвенно-климатическими условиями мест произрастания.

Ключевые слова: *Juniperus foetidissima* Willd., хвоя, популяция.

ВВЕДЕНИЕ

Juniperus foetidissima Willd. (можжевельник вонючий) – вечнозеленый средиземноморский мезофанерофит, мезотерм. Реликт третичного периода. Входит в состав самой многочисленной секции рода *Juniperus* L. – *Sabina* (Miller.) Spach. В Красной книге Российской Федерации имеет природоохранный статус – вид, сокращающийся в численности [1–3].

J. foetidissima – одно- или двудомное дерево высотой до 15 м. Иногда растет кустовидно. Крона у этого вида – плотная, ширококоническая или овальная. Нарастает, как правило, моноподиально. Ветви *J. foetidissima*, дуговидно изогнутые вверх, покрыты красновато-бурой корой. Ствол можжевельника покрыт корой коричневого цвета, которая отслаивается длинными волокнами [4–6].

Древесина *J. foetidissima* имеет желтую окраску. Противостоит гниению и червоточине, обладает высокой прочностью. Ей свойственен характерный неприятный гнилостный запах, именно ему можжевельник обязан своим названием.

Почти вся хвоя чешуевидная, зеленого цвета. Встречаются экземпляры с игловидной хвоей, отстающей от побега и располагающейся на нем в мутовках по 3. Игловидная хвоя отмечается и у чешуехвойных экземпляров, но только на молодых побегах [3–5].

Засухоустойчив, морозостоек. Не переносит затенения и чрезмерного увлажнения, но может выносить слабое засоление почвы. К почве не требователен, растет на щебнистых слабозрелых почвах меловых отложений.

Продолжительность жизни *J. foetidissima*, в среднем, оценивается как 300–400 лет. Отдельные деревья достигают возраста 700–1000 лет [2, 3].

Произрастает *J. foetidissima* в восточном Средиземноморье, Кавказе, Крыму, Турции, Сирии, на Балканском полуострове и острове Кипр. Растет на крутых каменистых склонах от 0 до 1500 м н. у. м.. Образует на крутых горных склонах (крутизна склона – 30–45°) чистые или с примесью других пород можжевеловые редколесья [1–8].

Крым в настоящее время известна одна популяция *J. foetidissima*. Распространена она на территории Крымского природного заповедника. Здесь проходит северная граница ареала этого вида [4, 7].

J. foetidissima имеет важное почвозащитное и противоэрозионное значение в верхнем поясе Крымских гор. Этот вид произрастает в суровых условиях щебнистых склонов и скальных обнажений хребта Синаб-Даг.

Экологическая пластичность вида занимает ведущее положение в вопросе его сохранения. По данным Правдина Л. Ф., самым чувствительным органом растения является его хвоя. Она реагирует на изменение окружающей среды и определяет развитие других органов растения. Так, по результатам исследования изменчивости хвои, можно установить адаптационные перестройки вида и направление его микроэволюции [9–11].

Целью проведенных исследований являлось изучение морфологических особенностей хвои природной популяции *J. foetidissima* в урочище Синаб-Даг.

Исходя из цели работы, были поставлены следующие задачи: изучить морфометрические параметры хвои *J. foetidissima* в Горном Крыму; установить зависимость параметров хвои от климатических и эдафических условий места произрастания популяции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в течение 2013-2015 гг. Были изучены морфометрические особенности хвои как основной популяции *J. foetidissima* (площадь популяции составляет 51,6 га), произрастающей на территории Крымского природного заповедника, так отдельной особи, обнаруженной на верхнем плато Чатыр-Дага.

В пределах площади популяции выделено семь участков с относительно одинаковыми почвенными условиями и одинаковой высотой над уровнем моря. Для изучения морфометрических параметров хвои в пределах всех семи участков отобрано по пять модельных деревьев. При оценке морфологических особенностей хвои с каждого дерева брали по десять хвоинок. Штангенциркулем измеряли три ее показателя: высоту, ширину и толщину.

Полученные данные обработаны стандартными методами математической статистики. Так же дана оценка жизненному состоянию хвои, ее окраске и форме.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования установлено, что почти все особи обладают чешуевидной хвоей (рис. 1). При этом обнаружено два дерева с игловидной хвоей (рис. 2). В первом томе шеститомника «Деревья и кустарники СССР», подготовленном под редакцией Соколова С. Я. и Шишкина Б. К., указано, что особи можжевельника вонючего с

отстающей игловидной хвоей принадлежат не к самому виду, а к его разновидности – *Juniperus foetidissima* var. *squarrosa* Medw. При этом ряд авторов, среди которых Роберт Адамс, отмечают, что название *Juniperus foetidissima* var. *squarrosa* Medw. является синонимом *Juniperus foetidissima* Willd.. Так, особи с игловидной хвоей они не выделяют как разновидность, а относят непосредственно самому к виду [1, 12].

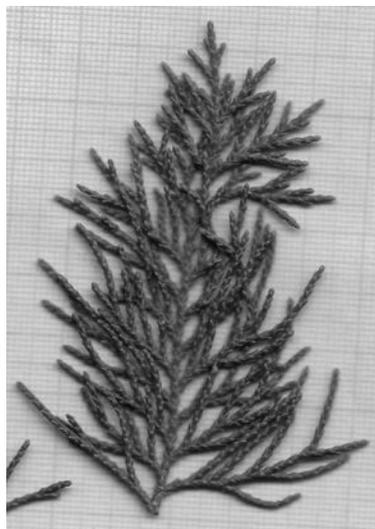


Рис.1. – Побег *J. foetidissima* с чешуевидной хвоей



Рисунок 5.2 – Побег *J. foetidissima* с игловидной хвоей

Чешуевидная хвоя можжевельников имеет более темный зеленый цвет, нежели игловидная. Она плотно прилегает к побегу. Располагается на побеге супротивно. Ее киль выражен слабо. Большинство чешуек продолговато-ромбические, но встречаются особи с укороченной ромбической хвоей. На их долю приходится около 20 %. Верхушка чешуевидной хвои заостренная.

Почти 93 % хвоинок со своей наружной стороны имеют продолговатую железку. Необходимо отметить, что, в отличие от *J. excelsa* M.-Bieb., смола у *J. foetidissima* на поверхность железки не выступает. Внутренняя и боковая стороны хвои имеют беловато-сизый оттенок.

Длина хвои варьирует в незначительных пределах – от 2,2 мм до 3,6 мм. Средняя длина хвои составляет $2,8 \pm 0,02$ мм (табл.1). Ширина хвои изменяется в меньшем диапазоне, нежели ее длина. Составляет она 1-1,5 мм. Среднее значение ширины хвои – $1,2 \pm 0,03$ мм. Показатели толщины варьируют весьма незначительно (от 0,9 мм до 1,3 мм). Средняя ее толщина составляет $1,1 \pm 0,02$ мм.

Все эти параметры соответствуют заявленным в литературе значениям. Так, Колесников А. И. и Мухамедшин К. Д. утверждают, что длина хвои *J. foetidissima* составляет от 1 до 3 мм, а ее ширина – 1-1,5 мм [4, 13].

Известно, что размер хвои может варьировать в зависимости от положения побега в пределах кроны одного дерева. В ходе исследования таких достоверных отличий установлено не было [10].

Таблица 1

Морфометрические параметры хвои *J. foetidissima*

№ участка (особь)	Длина хвои, мм	Ширина хвои, мм	Толщина хвои, мм
1	2,8 ± 0,05	1,3 ± 0,01	1,1 ± 0,01
2	2,9 ± 0,04	1,2 ± 0,01	1,1 ± 0,01
3	2,8 ± 0,04	1,2 ± 0,01	1,0 ± 0,01
4	2,8 ± 0,04	1,1 ± 0,01	1,0 ± 0,01
5	2,9 ± 0,05	1,1 ± 0,02	1,1 ± 0,01
6	2,8 ± 0,05	1,1 ± 0,01	1,1 ± 0,01
7	2,9 ± 0,04	1,1 ± 0,01	1,0 ± 0,01
Особь на нижнем плато Чатыр-Дага	2,8 ± 0,03	1,1 ± 0,01	1,1 ± 0,01
Особь с игловидной хвоей	9,0 ± 0,18	1,7 ± 0,04	1,4 ± 0,03

Из данных Правдина Л. Ф. известно, что на размеры хвои существенное влияние оказывают условия среды, в которых находится корневая система дерева. В ходе исследований выявлено отсутствие отличий в параметрах хвои у особей, произрастающих в передачах отдельных участков (как на сильно эродированных – участок № 5 и 7, так и на относительно плодородных – участок № 1 и 2). На основании этого можно предположить, что чешуевидная хвоя можжевельника не отображает возможных адаптивных особенностей особей.

Нижнее плато Чатыр-Дага отличается более мягкими орографическими и эдафическими условиями, нежели склоны хребта Синаб-Даг. Произрастающая здесь особь *J. foetidissima* – это дерево с чешуевидной хвоей. Ее размеры не отличаются от средних параметров хвои особей основной популяции (табл. 1) и составляют 2,8 ± 0,03 мм, 1,1 ± 0,01 мм и 1,1 ± 0,01 мм (длина хвои, ширина и толщина соответственно), что также подтверждает низкую адаптивную способность вида.

Параметры игловидной хвои можжевельника значительно больше чешуевидной. Так, ее длина превышает длину чешуевидной почти в 3 раза и составляет от 7,7 мм до 10,1 мм (средняя длина 9,0 ± 0,18 мм) (табл. 1). При этом ширина и толщина отличаются не так существенно и составляют 1,7 ± 0,04 мм и 1,4 ± 0,03 мм соответственно. Существенных отличий в параметрах хвои в пределах кроны одного дерева отмечено не было.

Игловидная хвоя удлинленно-ланцетная светло-зеленого цвета. С внутренней стороны покрыта светло-сизым налетом. Кончик иглы очень острый. Расположена на побеге такая хвоя супротивно. Отстает от него, в среднем, под углом 40° (минимальный угол – 33°, максимальный – 50°).

В ходе исследований установлено, что изученные параметры двух типов хвои *J. foetidissima* являются стабильными признаками и варьируют, как правило, в незначительных пределах. Подобное явление свидетельствует, о низкой экологической пластичности вида. Это, в свою очередь, может привести к достаточно длительному и сложному процессу восстановления популяции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что большинство особей крымской популяции *J. foetidissima* обладают чешуевидной хвоей. Обнаружено только 2 дерева с игловидной хвоей.
2. Длина чешуевидной хвои варьирует от 2,2 мм до 3,6 мм. Средняя длина хвои составляет $2,8 \pm 0,02$ мм. Ширина хвои составляет 1-1,5 мм. Среднее значение ширины хвои – $1,2 \pm 0,03$ мм. Все эти параметры соответствуют заявленным в литературе значениям, что свидетельствует об отсутствии зависимости параметров хвои от почвенно-климатических условий места произрастания *J. foetidissima*.

Список литературы

1. Adams R. P. The junipers of the world: The genus *Juniperus*. 3rd ed. – Trafford Publ., Victoria, BC, 2011. – 426 с.
2. Алексеев Ю. Е. Деревья и кустарники. Энциклопедия природы России / Ю. Е. Алексеев, П. Ю. Жмылев, Е. А. Карпухина. – М. 1997. – 592 с.
3. Камелин Р. В. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Р. В. Камелин, гл. редкол.: Ю. П. Трутнев и др. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. — 885 с.
4. Колесников А. И. Декоративная дендрология / А. И. Колесников. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 704 с.
5. Дідух Я. П. Екофлора України. Том 1. / Я. П. Дідух та інші. Відпов. ред. Я. П. Дідух. – Київ: Фітосоціоцентр, 2000. – 284 с.
6. Крюкова И. В. Редкие растения и животные Крыма: Справ. / И. В. Крюкова. – Симферополь: Таврия, 1988. – 176 с.
7. Дидух Я. П. Червона Книга України. Рослинний світ / Я. П. Дидух. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
8. Новиков А. Л. Определитель хвойных деревьев и кустарников / А. Л. Новиков. – Минск: «Вышэйш. Школа», 1967. – 255 стр.
9. Князева С. Г. Морфолого-анатомические особенности хвои можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) / С. Г. Князева // Хвойные бореальной зоны. – 2012. – № 1/2. – С. 92-96
10. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная / Л. Ф. Правдин. – М.: Наука, 1964. – 191 с.
11. Нестерович Н. Д. Структурные особенности листьев хвойных / Н. Д. Нестерович, Т. Ф. Дерюгина, А. И. Лучков. – Минск.: Наука и техника, 1986. – 143 с.
12. Деревья и кустарники СССР Т.1. / под ред. Соколова С. Я., Шишкина Б. К. Издательство Академии наук СССР Москва: 1949. Ленинград. – 465 с.
13. Мухамедшин К. Д. Можжевельниковые леса / К. Д. Мухамедшина, Н. К. Таланцев. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 184 с.

FEATURES NATURAL REGENERATION OF THE CRIMEAN POPULATION *JUNIPERUS FOETIDISSIMA* WILLD.

Korenkova O. O.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea Republic, Russia
E-mail: o.o.korenkova@mail.ru*

Crimea is currently one known population of *J. foetidissima*. It is common in the territory of the Crimean Natural Reserve. The northern boundary of the range of this species. *J. foetidissima* has an important anti-erosion and soil conservation value in the upper zone of the Crimean mountains. This species grows in the harsh conditions of gravelly slopes and rocky outcrops Sinab-Dag ridge.

The aim of the research was to study morphological characteristics of needles natural population in the tract *J. foetidissima* Sinab Dag. The studies were conducted during the 2013-2015 biennium. We studied the morphometric characteristics of needles as a major population *J. foetidissima* (area population is 51.6 ha), growing on the Crimean Nature Reserve, as separate individuals found on the upper plateau Chater-Dag.

The study found that almost all individuals have scale-like needles. At the same time found two trees with acicular needles. Needle length varies in a small range - from 2.2 mm to 3.6 mm. The average length of the needles is $2,8 \pm 0,02$ mm. The width of the needle is changed in a smaller range than its height. It makes it 1-1.5 mm. The average value of the width of the needles - $1,2 \pm 0,03$ mm. Indicators thickness varies very insignificantly (from 0.9 mm to 1.3 mm). Its average thickness is $1,1 \pm 0,02$ mm.

During the investigations it was established that the studied parameters of two types of needles *J. foetidissima* features are stable and vary usually over a small range. This phenomenon suggests a low ecological plasticity of the species. That, in turn, can lead to quite a long and complicated process of restoring the population.

Keywords: *Juniperus foetidissima* Willd., pine, population.

References

1. Adams R. P. The junipers of the world: The genus *Juniperus*. 3rd ed. – Trafford Publ., Victoria, BC, 2011. – 426 c.
2. Alexeev Y.E. Zhmylev Y.E., Karpukhina E.A. *Trees and shrubs. Encyclopedia of Russian nature*. pp. 592 (Moscow, 1997).
3. Kamelin R.V. *Red Book of the Russian Federation (plants and fungi)*. pp. 885 (KMK, Moscow, 2008).
4. Kolesnikov A.I. *Decorative Dendrology*. pp. 704 (Forest Engineering Industry, Moscow, 1974).
5. Diduh Y.P. *Ekoflora Ukrainy*. pp. 284 (Fitosotsiotsentr, Kiev, 2000).
6. Kryukova I.V. *Rare plants and animals of the Crimea*. pp. 176 (Tavriya, Simferopol, 1988).
7. Didukh Y.P. *Red Book of Ukraine*. pp. 900 (Globalkonsalting, Kiev, 2009).
8. Novikov A.L. *Determinant of coniferous trees and shrubs*. pp. 255 (Vyscheysh. School, Minsk, 1967).
9. Knyazev S.G. Morphological and anatomical characteristics of needles *Juniperus (Juniperus communis L.)*, *Conifers of the boreal zone*, **1/2** (2012).
10. Pravdin L.F. *Pine*. pp. 191 (Nauka, Moscow, 1964).
11. Nesterovich N.D., Deriugina T.F., Lutchkoff A.I. *Structural features of the leaves of conifers*. pp. 143 (Science and Technology, Minsk, 1986).
12. Sokolov S.I., Shishkin B.K. *Trees and shrubs of the USSR*. pp. 465 (Publisher Academy of Sciences of the USSR, Moscow, 1949).
13. Mukhametshin K.D., Talantsev N.K. *Juniper forests*. pp. 184 (Forest. prom-st, Moscow, 1982).

Поступила в редакцию 25.10.2015 г.

УДК 612.821; 612.822

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЕ С ДЕТЬМИ- СИРОТАМИ ТРЕХЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА

Луцюк Н. В.¹, Куленкова А. А.¹, Эйсмонт Е. В.¹, Тимуш И. Я.², Павленко В. Б.¹

¹*Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия*

²*«Дом ребёнка «Ёлочка», Симферополь, Россия*

E-mail: biofeedback@bk.ru

В статье представлены результаты пилотажного исследования о возможности применения метода биологической обратной связи по электроэнцефалограмме (ЭЭГ-ОС) в работе с детьми-сиротами в возрасте трех лет. Получены данные, подтверждающие изменение функционального состояния мозга детей-сирот в ходе курса сеансов ЭЭГ-ОС. При проведении тренинга на основе ритмов ЭЭГ сенсомоторной зоны правого полушария (С4) головного мозга выявлено, что в целом величины амплитуд тренируемых ритмов изменялись в желаемом направлении. Вопрос о большей эффективности того или иного протокола ЭЭГ-ОС остается открытым, однако в данном исследовании наиболее эффективным оказался протокол игрового биоуправления, а также протокол с использованием цветных картинок.

Ключевые слова: дети-сироты, биологическая обратная связь, электроэнцефалограмма.

ВВЕДЕНИЕ

У детей-сирот, воспитывающихся в детских домах, часто наблюдаются ухудшения психоэмоционального состояния, задержки физического и когнитивного развития [1; 2]. С учетом этого предполагают, что у таких детей может быть нарушено развитие центральной нервной системы и, прежде всего, неокортекса. Указанные нарушения могут быть связаны с замедлением процессов роста нейронов, миелинизации их аксонов и формирования межнейронных связей [3]. Отклонения в развитии центральной нервной системы отражаются в паттерне текущей электроэнцефалограммы (ЭЭГ) таких детей [4]. Таруло, Гарвин и другие исследователи [4; 5] изучили ЭЭГ-активность детей дошкольного возраста. В результате этих исследований было обнаружено, что спектральная плотность мощности текущей ЭЭГ в частотных полосах альфа- и бета-ритмов у детей-сирот, воспитывающихся в детском доме, значимо ниже по сравнению с таковой у детей, воспитывающихся в семьях. Авторы заключили, что пониженная спектральная плотность мощности указанных ритмов является объективным коррелятом некоторых задержек в развитии мозга.

Для коррекции психоэмоционального состояния, когнитивных функций используется метод биологической обратной связи по ЭЭГ (ЭЭГ-ОС), или

нейротерапии [6–12]. Показана его эффективность с участием взрослых испытуемых и детей школьного возраста [13–15].

В проводимых нами ранее исследованиях также была установлена эффективность данного метода для улучшения показателей произвольного внимания и улучшения психоэмоционального состояния у детей школьного возраста [16–18]. Однако исследования с применением данной технологии с детьми-сиротами дошкольного возраста не проводились.

В связи с этим целью настоящей работы стало выявление возможности и эффективности использования метода ЭЭГ-ОС у детей дошкольного возраста. Следует отметить, что оценка возможности проведения тренингов на основе ЭЭГ-ОС с детьми-сиротами раннего возраста была проведена впервые в мировой практике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие двое детей-сирот в возрасте трех лет из дома ребенка «Ёлочка» (г. Симферополь). Дети не имели генетических заболеваний, их вес при рождении был более двух с половиной килограмм, у них отсутствовала запись в медицинской карточке о заболеваниях центральной нервной системы. Данное исследование соответствовало этическим принципам Хельсинской декларации 1964 года и было одобрено этическим комитетом Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Все сеансы нейротерапии проводили в присутствии психолога детского дома и на основании договора о сотрудничестве с данным учреждением.

Нами были разработаны протоколы биологической обратной связи по характеристикам ЭЭГ для работы с детьми раннего возраста. Тренинг ЭЭГ-ОС с каждым ребенком включал по шесть сеансов; длительность одного сеанса составляла 15 мин. Для сеансов ЭЭГ-ОС использовали ЭЭГ, регистрируемую от сенсомоторной зоны правого полушария (отведение С4).

До и после каждого сеанса производилась двухминутная запись фоновой ЭЭГ с открытыми глазами. При проведении сеансов использовался 16-канальный электроэнцефалограф фирмы «Tredex». ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно, в соответствии с международной системой «10–20» в точках Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, С3, С4, Т3, Т4, Т5, Т6, Р3, Р4, О1, О2. Частота оцифровки сигнала составляла 200 с⁻¹.

Проводился спектральный анализ ЭЭГ с расчетом амплитуды в диапазонах: дельта-ритма (1–3 Гц), тета-ритма (4–6 Гц), альфа-ритма (7–10 Гц), бета-ритма (11–29 Гц). Обработка ЭЭГ во время проведения сеансов ЭЭГ-ОС основывалась на использовании цифровых фильтров Баттерворта четвертого порядка.

Во время сеансов ребенок располагался на мягком удобном стуле перед экраном монитора. Сеанс включал в себя последовательное применение трех протоколов: «цветные картинки», видеопотока и протокола на основе игрового нейробиоуправления.

При использовании протокола «цветные картинки» на экране монитора предьявлялись картинки, представляющие собой изображения природы. Яркость

цветов определенных элементов картинки (например, плодов на дереве, солнца, цветов) менялась в прямой зависимости от величины амплитуды альфа-ритма частотой 7–10 Гц: чем больше данная величина, тем ярче становились цвета.

Во время видеосеансов ЭЭГ-ОС ребенку на экране монитора предъявляли мультфильм, соответствующий его возрасту. Управляемым параметром являлась яркость мультфильма, которая менялась в прямой зависимости от величины отношения амплитуды тета-ритма частотой 4–6 Гц к амплитуде дельта-ритма частотой 1–3 Гц: чем больше было значение данного отношения, тем ярче становилось изображение, при уменьшении величины данного отношения изображение темнело. В программе была возможность индивидуальной регулировки сложности биоуправления.

В сеансах игрового биоуправления ребенок играл в специально разработанную игру «Гонки жуков», в которой скорость движения или сила главного игрового персонажа изменялись в зависимости от текущих значений управляемых ритмов ЭЭГ. Таким образом, выиграть в игре или добиться положительного развития сюжета ребенок мог, только научившись менять соотношение ритмов ЭЭГ в нужном направлении. При проведении сеансов игрового биоуправления использовался протокол, состоящий в повышении уровня тета-ритма частотой 4–6 Гц и подавлении амплитуды дельта-ритма частотой 1–3 Гц.

Прохождение сеансов с использованием данных протоколов было интересным для детей, позволяло снизить степень утомляемости и увеличить мотивационную составляющую.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведения тренинга выявлено, что у обоих детей в ходе сеансов игрового биоуправления уменьшилась амплитуда дельта-ритма и увеличилась амплитуда тета-ритма. Средние значения амплитуд указанных ритмов представлены на рис. 1. В итоге величина отношения тета-/дельта-ритмов стала больше по сравнению с исходным значением: среднее значение отношения амплитуды тета-ритма к амплитуде дельта-ритма во время первого сеанса составило 0,77, во время последнего – 0,83.

Повышение значения указанного выше отношения достигалось в большей степени за счет уменьшения амплитуды дельта-ритма. В целом можно сказать, что амплитуда дельта-ритма достаточно хорошо поддается контролю. Принято считать, что дельта-активность у маленьких детей – нормальный показатель, означающий снижение функциональной активности мозга [19]. Известно, что тета-ритм преобладает в ЭЭГ у детей дошкольного возраста, при этом преимущественно регистрируется во фронтальных, центральных областях коры головного мозга и является нормальным свойством паттерна их электрической активности мозга [20]. Предполагается, что преобладание тета-ритма в ЭЭГ у младенцев и детей дошкольного возраста отражает состояние мозга оптимальное для процессов синаптогенеза [21]. На основе полученных в исследованиях Т. А. Строгановой и Е. В. Ореховой результатов было сделано теоретическое предположение о связи

тета-ритма у младенцев с процессами зрительно-моторного обучения. Основываясь на этом предположении Манера, Кейсерс и др. [22] видят роль тета-ритма в развитии нейронных систем, связывающих сенсорную и моторную информацию о происходящих событиях и действиях. Таким образом, увеличение значения отношения амплитуды тета-ритма к амплитуде дельта-ритма можно рассматривать как показатель повышения функциональной активности мозга.

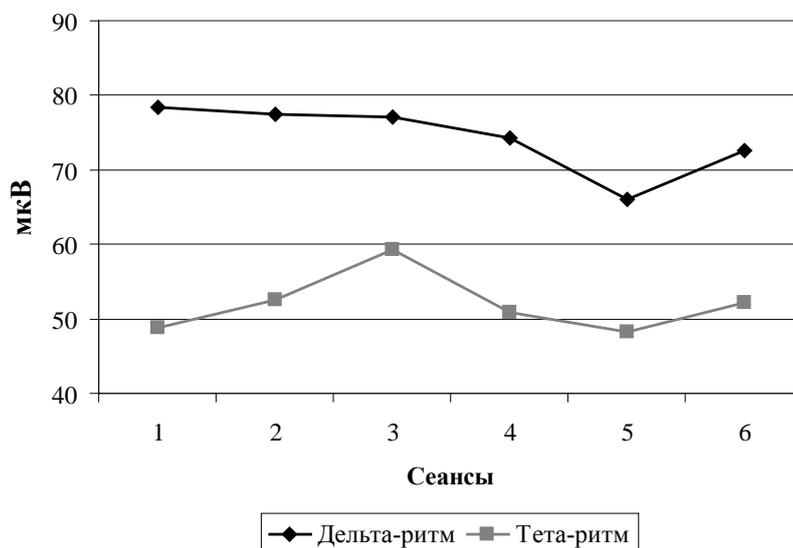


Рис. 1. Динамика изменения амплитуд дельта- и тета-ритмов в ходе сеансов игровой ЭЭГ-ОС у одного из детей. По оси абсцисс – сеансы ЭЭГ-ОС; по оси ординат – мкВ.

Во время видеосеансов ЭЭГ-ОС не была достигнута положительная динамика изменения активности в дельта- и тета-диапазоне (см. рис. 2). Также не было зарегистрировано значительного изменения величины отношения тренируемых ритмов: величина отношения амплитуды тета-ритма к амплитуде дельта-ритма у одного ребенка во время первого сеанса составила 0,95, в последнем сеансе – 0,94, данный показатель у другого ребенка – в первом сеансе 0,9, в последнем – 0,92.

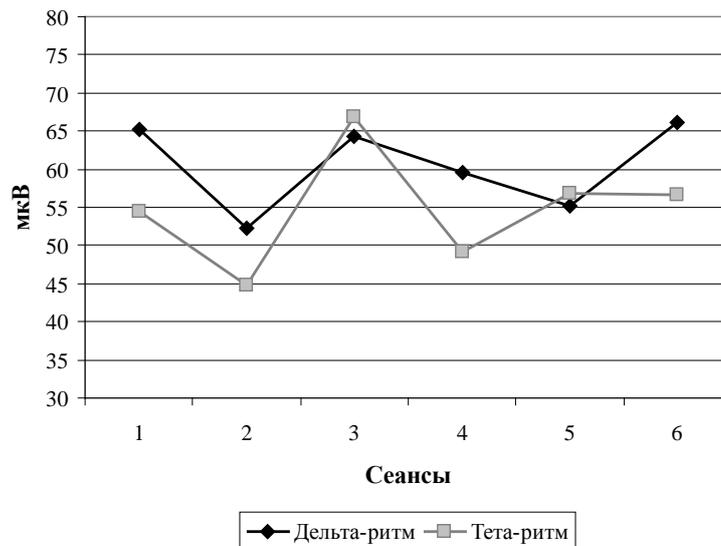


Рис. 2. Динамика изменения амплитуд дельта- и тета-ритмов в ходе сеансов видео ЭЭГ-ОС у одного из детей. По оси абсцисс – сеансы ЭЭГ-ОС; по оси ординат – мкВ.

Сеансы нейротерапии с использованием протокола «цветные картинки» оказались успешными: от сеанса к сеансу наблюдалось постепенное увеличение амплитуды альфа-ритма. На рис. 3. представлены изменения средних значений амплитуд альфа-ритма во время тренинга у одного из детей.

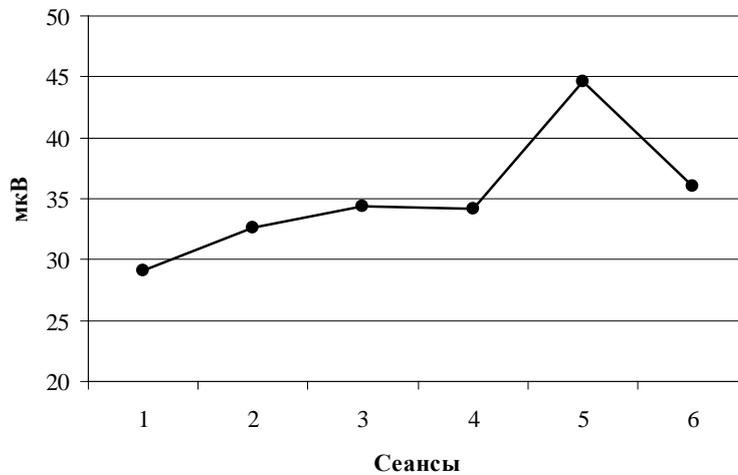


Рис. 3. Динамика изменения амплитуды альфа-ритма при использовании протокола «цветные картинки» в ходе сеансов ЭЭГ-ОС у одного из детей. По оси абсцисс – сеансы ЭЭГ-ОС; по оси ординат – мкВ.

Установлено, что частотный диапазон альфа-ритма (6-9 Гц) тесно связан с аффективным и когнитивным развитием в раннем детстве [23]. В работах Н. С. Галкиной, А. И. Боравовой, Т. А. Строгановой и других [24; 25] было выявлено, что у младенцев данный ритм в центральных отведениях не блокируется при открывании глаз, а его амплитуда увеличивается в условиях зрительного внимания. Таким образом, исследователями делается вывод о том, что данный ритм в центральных областях является не просто частью классического затылочного альфа-ритма, а функционально связан с мю-ритмом у взрослых. В ряде других исследований показано, что на протяжении всего периода детства наблюдается увеличение мощности в данном частотном диапазоне в центральных областях [26].

В результате проведения курса нейротерапии у детей были выявлены изменения величин амплитуд ритмов ЭЭГ по сравнению с аналогичными показателями до проведения сеансов ЭЭГ-ОС (см. рис. 4).

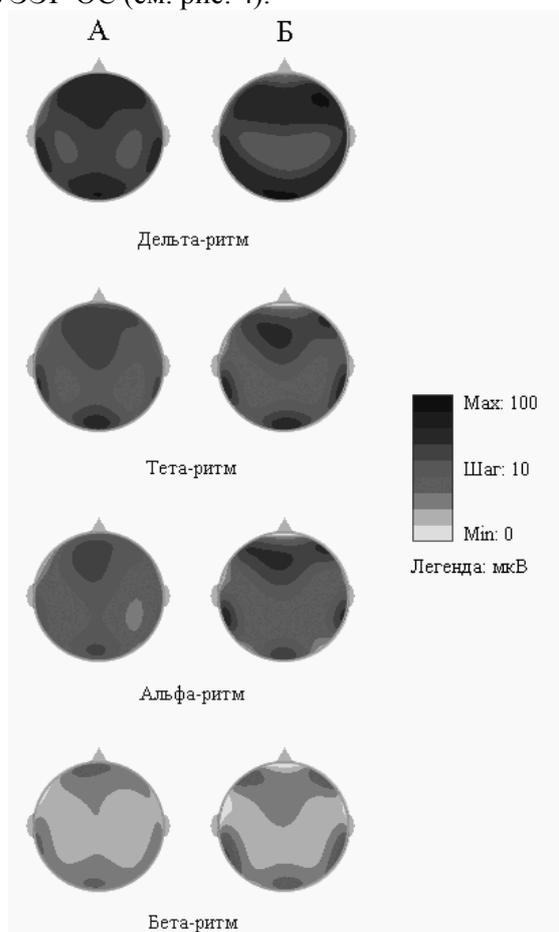


Рис. 4. Изменения топографического распределения средних значений амплитуд ритмов ЭЭГ у одного из детей при записи фоновой ЭЭГ с открытыми глазами во время первого (А) и последнего (Б) сеанса нейротерапии. Шкала в микровольтах.

Из представленных топограмм видно, что в целом после тренинга наблюдается увеличение амплитуд дельта-, тета-, альфа- и бета-ритма, преимущественно в передних областях.

В исследованиях возрастных особенностей ЭЭГ здоровых детей 3–4 лет указывается, что отличительной чертой ЭЭГ детей младшего возраста является наличие во всех отделах полушарий медленных форм активности и слабая выраженность регулярных ритмических колебаний, которые занимают основное место на ЭЭГ взрослого человека [27]. Различия в частотном диапазоне бета-ритма между первой и последней записью наиболее заметны во фронтальной и центральной областях неокортекса. Увеличение его амплитуды – однозначное повышение функционального тонуса головного мозга, коррелирует интенсивности когнитивных процессов и фокусирования внимания [28; 29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В настоящей работе получены данные, подтверждающие изменение функционального состояния мозга детей-сирот в возрасте трех лет в ходе курса сеансов ЭЭГ-ОС.
2. При проведении тренинга на основе ритмов ЭЭГ сенсомоторной зоны правого полушария (С4) головного мозга выявлено, что в целом величины амплитуд тренируемых ритмов изменялись в желаемом направлении.
3. Вопрос о большей эффективности того или иного протокола ЭЭГ-ОС остается открытым, однако в данном исследовании наиболее эффективным оказался протокол игрового биоуправления, а также протокол с использованием протокола «цветные картинки».

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (региональный проект №14-46-01050).

Список литературы

1. Juffer F. Behavior problems and mental health referrals of international adoptees: A meta-analysis / F. Juffer, M. H. Van Ijzendoorn. // *J. Am. Med. Ass.* – 2005. – V. 293, № 20 – P. 569–577.
2. Zeanach C. H. Attachment in institutionalized and non-institutionalized Romanian children / C. H. Zeanach, A. T. Smyke, S. F. M. Koga // *Children Dev.* – 2005. – V. 76, № 19 – P. 1015–1028.
3. Rutter M. Early adolescent Outcomes for institutionally deprived and non-deprived adoptees. I: Disinhibited attachment / M. Rutter, C. Colvert, J. Kreppner // *Child Psychol. Psychiat.* – 2007. – V. 48, № 1 – P. 17–30.
4. Marshall P. J. The bucharest early intervention project core group. A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania // P. J. Marshall, N. A. Fox J. // *Cogn. Neurosci.* – 2004. – V. 16, № 8. – P. 1327–1338.
5. Tarullo A. Atypical EEG power correlates with indiscriminately friendly behavior in internationally adopted children / A. Tarullo, C. Garvin, R. Gunnar // *Dev. Psychol.* – 2011. – V. 47, № 2, – P. 417–431.
6. Van Dongen-Boomsma M. Efficacy of frequency-neurofeedback and Cogmed JM-working memory training in children with ADHD / M. van Dongen-Boomsma, M. A. Vollebregt, D. Slaats-Willemsse, J. K. Buitelaar // *Tijdschr Psychiatr.* – 2015. – V. 57, № 7. – P. 508–516.

7. Кирой В. Н. Изменение спектральных характеристик ЭЭГ в динамике тренингов с нейрообратной связью / В. Н. Кирой, Д. М. Лазуренко, И. Е. Шепелев, Н. Р. Миняева, Е. В. Асланян, О. М. Бахтин, Д. Г. Шапошников, Б. М. Владимирский // Физиология человека. – 2015. – Т. 41, № 3. – С. 50-62
8. Mottaz A. Neurofeedback training of alpha-band coherence enhances motor performance / A. Mottaz, M. Solca, C. Magnin, T. Corbet, A. Schnider, A. G. Guggisberg // Clin Neurophysiol. – 2015. – V. 126, № 9. – P. 1754–1760.
9. Graczyk M. Neurofeedback training for peak performance / M. Graczyk, M. PŃchalska, A. Ziykowski, G. Macko, B. Jukaszewska, K. Kochanowicz, A. Mirski, I. D. Kropotov // Ann Agric Environ Med. – 2014. – V.21, № 4. – P. 871–875.
10. Micoulaud-Franchi J. A. EEG neurofeedback treatments in children with ADHD: an updated meta-analysis of randomized controlled trials / J. A. Micoulaud-Franchi, P. A. Geoffroy, G. Fond, R. Lopez, S. Bioulac, P. Philip // Front Hum Neurosci. – 2014 – V. 13, № 8. – P. 906–917.
11. Ghosh T. The efficacy of electroencephalogram neurofeedback training in cognition, anxiety, and depression in alcohol dependence syndrome: A case study / T. Ghosh, M. Jahan, A. R. Singh // Ind. Psychiatry J. – 2014. – V. 23, № 2. – P. 166–170.
12. Egner T. EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials / T. Egner, J. H. Gruzeliel // Clin. Neurophysiology. – 2004. – V. 115, – P. 131–139.
13. Кропотов Ю. Д. Лечение детей с синдромом нарушения внимания с гиперактивностью при помощи метода ЭЭГ-биологической обратной связи / Ю. Д. Кропотов, В. А. Гринь-Яценко, Л. С. Чутко, Е. А. Яковенко, В. А. Пономарев // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2002. – Т. 47, № 3. – С. 37–40.
14. Федотчев А. И. Сочетание технологии ЭЭГ-биоуправления с музыкальной терапией для эффективной коррекции стресс-вызванных расстройств / А. И. Федотчев, О. Сан Чжун, Г. И. Семикин // Современные технологии в медицине. – 2014. – Т. 6, № 3. – С. 60–63.
15. Джафарова О. А. Игровое биоуправление как технология профилактики стрессзависимых состояний / О. А. Джафарова, О. Г. Донская, А. А. Зубков, М. Б. Штарк // Биоуправление-4: теория и практика / ред. М. Шварц, М. Штарк. Новосибирск: Ин-т молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, 2002. – С. 86–96.
16. Эйсмонт Е. В. Применение технологии ЭЭГ-биоуправления для коррекции психоэмоционального состояния детей / Е. В. Эйсмонт, Т. А. Алиева, Н. В. Луцюк, В. Б. Павленко // Бюллетень сибирской медицины. – 2013. – Т. 12, № 2. – С. 175–181.
17. Эйсмонт Е. В. Снижение повышенной тревожности у детей и подростков с помощью нейротерапии: оценка эффективности / Е. В. Эйсмонт, Н. В. Луцюк, В. Б. Павленко // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2011. – Т. 43, № 1. – С. 63–72.
18. Луцюк Н. В. Модуляция внимания у здоровых детей с помощью курса сеансов обратной связи по характеристикам ЭЭГ / Н. В. Луцюк, Е. В. Эйсмонт, В. Б. Павленко // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2006. – Т. 38, № 5/6, – С. 458–465.
19. Saby J. N. The Utility of EEG Band Power Analysis in the Study of Infancy and Early Childhood / J. N. Saby, P. J. Marshall // Dev. Neuropsychol. – 2012. – V.37, № 3. – P. 253–273.
20. Евтушенко С. К. Клиническая электроэнцефалография у детей / С. К. Евтушенко, А. А. Омеляненко. Донецк: Донеччина, 2005. – 860 с.
21. Stroganova T. A. EEG and infant states. In: de Hann, M., editor. Infant EEG and event-related potentials / T. A. Stroganova, E. V. Orekhova // New York: Psychology Press. – 2007 – P. 251–287.
22. Del Giudice M. Programmed to learn? The ontogeny of mirror neurons / M. Del Giudice, V. Manera, C. Keyzers // Developmental Science. – 2009. – V. 12. – P. 350–363.
23. Marshall P. J. Development of EEG from 5 months to 4 years of age / P. J. Marshall, Y. Bar-Haim, N. A. Fox // Clinical Neurophysiology. – 2002. – V. 113. – P. 1199–1208.
24. Galkina N. S. The formation of EEG mu-andalpha-rhythms in children during the second–third years of life / N. S. Galkina, A. I. Boravova // Hum Physiol. – 1996. – V. 22. – P. 540–545.
25. Stroganova T. A. EEG alpha rhythm in infants. / T. A. Stroganova, E. V. Orekhova, I. N. Posikera // Clin Neurophysiol – 1999. – V. 110. – P. 997–1012.
26. Niedermeyer E. Alpha rhythms as physiological and abnormal phenomena // Int. J. Psychophysiol. – 1997. – №. 26. – P. 31–49.

27. Фарбер Д. А. Функциональная организация развивающегося мозга: возрастные особенности и некоторые закономерности / Д. А. Фарбер, Н. В. Дубровинская // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 5. – С. 17–27.
28. Gomez C. M. Frequency analysis of the EEG during spatial selective attention / C. M. Gomez, M. Vazquez, E. Vaquero // Int. J. Neurosci. – 1998. – V. 95, № 1–2. – P. 17–32.
29. Jensen O. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling / O. Jensen, P. Goel, N. Kopell, M. Pohja, R. Hari, B. Ermentrout // NeuroImage. – 2005. – V. 26, № 2. – P. 347–355.

ABOUT AN OPPORTUNITY OF NEUROFEEDBACK APPLICATION FOR THREE YEAR OLD ORPHANS

Lutsyuk N. V.¹, Kulenkova A. A.¹, Eismont E. V.¹, Timush I. Ya.², Pavlenko V. B.¹

¹ *Crimean Federal V. I. Vernadsky University, Simferopol, Russia*

² *Children's House "Tree", Simferopol, Russia*

E-mail: biofeedback@bk.ru

It is often observed a deterioration of psycho-emotional state, delay of physical and cognitive development in orphans growing up in children's homes. The studies of the above mentioned problems revealed that an impaired development of the central nervous system and, above all, the neocortex, might be observed in these children. Deviations in the central nervous system development are reflected in a pattern of electroencephalogram (EEG) of the children. It was found that EEG spectral power of alpha- and beta-rhythms in orphans, brought up in an orphanage, was significantly lower compared with the powers of the same rhythms of children living in an ordinary families. The investigators concluded that decreased spectral power of EEG rhythms is an objective correlate of some delays in brain development.

One of a modern method used for a correction of psycho-emotional state, cognitive functions is EEG-based neurofeedback (EEG-NF). Its effectiveness has been shown in many investigations where participants were children of school age and adults.

However, the studies using this technology with orphaned children of preschool age have never been conducted in the world. So the article presents a pilot study of possibility of EEG-based neurofeedback method application for a three year old orphans. For this purpose an age-appropriate EEG-NF protocols have been elaborated, that is game neurofeedback protocol, "color pictures" protocol and video protocol. According to the results of the study the data is obtained proving the changes of brain functional state of the orphans during the course EEG-based neurofeedback sessions. It is revealed that the amplitudes of the trained EEG rhythms changed in a desired direction during EEG-NF trainings. A question of greater efficacy of a specific EEG-NF protocol remains open, however, in this study, the most effective was game neurofeedback protocol and a protocol with color pictures.

Keywords: orphans, neurofeedback, EEG.

References

1. Juffer F., Van Ijzendoorn M.H. Behavior problems and mental health referrals of international adoptees: A meta-analysis, *J. Am. Med. Ass.*, **293**, **20**, 569 (2005)
2. Zeanach C.H., Smyke A.T., Koga S.F.M. Attachment in institutionalized and non-institutionalized Romanian children, *Children Dev.*, **76**, **19**, 1015 (2005).
3. Rutter M., Colvert C., Kreppner J. Early adolescent Outcomes for institutionally deprived and non-deprived adoptees. I: Disinhibited attachment, *Child Psychol. Psychiat.*, **48**, **1**, 17 (2007).
4. Marshall P.J., Fox J. N.A. The bucharest early intervention project core group. A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania, *Cogn. Neurosci.*, **16**, **8**, 1327 (2004).
5. Tarullo A., Garvin C., Gunnar R. Atypical EEG power correlates with indiscriminately friendly behavior in internationally adopted children, *Dev. Psychol.*, **47**, **2**, 417 (2011).
6. Van Dongen-Boomsma M., Vollebregt M. A., Slaats-Willemse D., Buitelaar J.K. Efficacy of frequency-neurofeedback and Cogmed JM-working memory training in children with ADHD, *Tijdschr Psychiatr.*, **57**, **7**, 508 (2015).
7. Kiroj V.N., Lazurenko D.M., Shepelev I.E., Minyaeva N.R., Aslanyan E.V., Baxtin O.M., Shaposhnikov D.G., Vladimirskij B.M. Izmenenie spektralnyx karakteristik EEG v dinamike treningov s nevroobratnoj svyazyu, *Fiziologiya cheloveka.*, **41**, **3**, 50 (2015)
8. Mottaz A., Solca M., Magnin C., Corbet T., Schnider A., Guggisberg A.G. Neurofeedback training of alpha-band coherence enhances motor performance, *Clin Neurophysiol.*, **126**, **9**, 1754 (2015).
9. Graczyk M., PŃchalska M., Ziykowski A., Macko G., Jukaszewska B., Kochanowicz K., Mirski A., Kropotov I.D. Neurofeedback training for peak performance, *Ann Agric Environ Med.*, **21**, **4**, 871 (2014).
10. Micoulaud-Franchi J.A., Geoffroy P. A., Fond G., Lopez R., Bioulac S., Philip P. EEG neurofeedback treatments in children with ADHD: an updated meta-analysis of randomized controlled trials, *Front Hum Neurosci.*, **13**, **8**, 906 (2014).
11. Ghosh T., Jahan M., Singh A.R. The efficacy of electroencephalogram neurofeedback training in cognition, anxiety, and depression in alcohol dependence syndrome: A case study, *Ind. Psychiatry J.*, **23**, **2**, 166 (2014).
12. Egner T., Gruzelier J.H. EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials, *Clin. Neurophysiology.*, **115**, 131 (2004).
13. Kropotov Yu.D., Grin-Yacenko V.A., Chutko L.S., Yakovenko E.A., Ponomarev V.A. Lechenie detej s sindromom narusheniya vnimaniya s giperaktivnostyu pri pomoshhi metoda EEG-biologicheskoy obratnoj svyazi, *Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii.*, **47**, **3**, 37 (2002).
14. Fedotchev A.I., San Chzhun O., Semikin G.I. Sochetanie texnologii EEG-biupravleniya s muzykalnoj terapije dlya effektivnoj korrekcii stress-vyzvannyx rasstrojstv, *Sovremennye texnologii v medicine.*, **6**, **3**, 60 (2014).
15. Dzhafarova O.A., Donskaya O.G., Zubkov A.A., Shtark M.B. Igrovoe biupravlenie kak texnologiya profilaktiki stresszavisimyx sostoyanij, *Biupravlenie - 4: teoriya i praktika / red. M. Shvarc, M. Shtark. Novosibirsk: In-t molekulyarnoj biologii i biofiziki SO RAMN*, 86 (2002).
16. Ejsmont E.V., Alieva T.A., Lucyuk N.V., Pavlenko V.B. Primenenie texnologii EEG-biupravleniya dlya korrekcii psixoemocionalnogo sostoyaniya detej, *Byulleten sibirskoj mediciny.*, **12**, **2**, 175 (2013).
17. Ejsmont E.V., Lucyuk N.V., Pavlenko V.B. Snizhenie povyshennoj trevozhnosti u detej i podrostkov s pomoshhyu nejroterapii: oценка effektivnosti, *Nejrofiziologiya / Neurophysiology.*, **43**, **1**, 63 (2011).
18. Lucyuk N.V., Ejsmont E.V., Pavlenko V.B. Modulyaciya vnimaniya u zdorovyx detej s pomoshhyu kursa seansov obratnoj svyazi po karakteristikam EEG, *Nejrofiziologiya / Neurophysiology.*, **38**, **5/6**, 458 (2006)
19. Saby J.N., Marshall P.J. The Utility of EEG Band Power Analysis in the Study of Infancy and Early Childhood, *Dev. Neuropsychol.*, **37**, **3**, 253 (2012).
20. Evtushenko S.K., Omelyanenko A.A. *Klinicheskaya elektroencefalografiya u detej*, 860 p. (Doneck: Donechchina, 2005).
21. Stroganova T.A., Orekhova E.V. EEG and infant states. In: de Hann, M., editor. *Infant EEG and event-related potentials*, New York: Psychology Press., 251 (2007).

22. Del Giudice M., Manera V., Keyzers C. Programmed to learn? The ontogeny of mirror neurons, *Developmental Science.*, **12**, 350 (2009).
23. Marshall P.J., Bar-Haim Y., Fox N.A. Development of EEG from 5 months to 4 years of age, *Clinical Neurophysiology.*, **113**, 1199 (2002).
24. Galkina N.S., Boravova A.I. The formation of EEG mu-andalpha-rhythms in children during the second–third years of life, *Hum Physiol.*, **22**, 540 (1996).
25. Stroganova T.A., Orekhova E.V., Posikera I.N. EEG alpha rhythm in infants, *Clin Neurophysiol.*, **110**, 997 (1999).
26. Niedermeyer E. Alpha rhythms as physiological and abnormal phenomena, *Int. J. Psychophysiol.*, **26**, 31 (1997).
27. Farber D.A., Dubrovinskaya N.V. Funkcionalnaya organizaciya razvivayushhegosya mozga: vozrastnye osobennosti i nekotorye zakonomernosti, *Fiziologiya cheloveka*, **17**, **5**, 17 (1991).
28. Gomez C.M., Vazquez M., Vaquero E. Frequency analysis of the EEG during spatial selective attention, *Int. J. Neurosci.*, **95**, **1-2**, 17 (1998).
29. Jensen O., Goel P., Kopell N., Pohja M., Hari R., Ermentrout B. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling, *NeuroImage.*, **26**, **2**, 347 (2005).

Поступила в редакцию 10.10.2015 г.

УДК 616.12:616.76

ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЗГОВОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ ДО И ПОСЛЕ ПАРАВЕРТЕБРАЛЬНОЙ МИОРЕЛАКСАЦИИ

Маметова О. Б., Сышко Д. В., Савина К. Д., Сышко Г. Д.

*Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Республика
Крым,
Россия
E-mail: syshko@list.ru*

Получены характеристики мозговой гемодинамики у тяжелоатлетов до и после паравертебральной миорелаксации. Эффективность кинематики и энергетики движений в тяжелой атлетике зависит от функционального состояния опорно-двигательного аппарата, в том числе и паравертебральных мышц. Паравертебральная миорелаксация представляла собой комплекс упражнений в водной среде, направленный на снижение тонуса паравертебральных мышц. До и после применения паравертебральной миорелаксации регистрировали показатели кровообращения левого и правого полушарий головного мозга у спортсменов, занимающихся тяжелой атлетикой (n=32). Показано, что у тяжелоатлетов после паравертебральной миорелаксации наблюдались изменения в виде возрастания тонуса магистральных сосудов, падения тонуса крупных и средних артерий головного мозга, увеличения тонуса мелких артерий. Полученные данные свидетельствуют о наличии различных механизмов адаптации мелких, средних и крупных кровеносных сосудов головного мозга в условиях влияния паравертебральной миорелаксации.

Ключевые слова: миорелаксация, реоэнцефалография, тяжелоатлеты, тонус сосудов, головной мозг, пульсовая волна, кровенаполнение.

ВВЕДЕНИЕ

Научные данные о реактивности мозговых сосудов в связи с физической нагрузкой носят весьма обобщенный, а порой и противоречивый характер [1]. В связи с этим представляет интерес исследование влияния физических нагрузок различного характера на функцию гемодинамики головного мозга. Особый интерес для исследований представляет собой изменение состояния мозговых сосудов в связи с использованием средств восстановления направленных на снижения тонуса паравертебральных мышц в зоне сегментов С3-Th8. Многие авторы указывают на взаимосвязь между состоянием паравертебральных мышц в этой зоне и состоянием мозговой гемодинамики [2, 3]. Однако в виду сложности механизмов регуляции, консервативности многих реоэнцефалографических показателей конкретных данных об этой связи очень мало.

Исследование проводилось в соответствии с планами научно-исследовательской работы кафедры теории и методики физического воспитания Таврического национального университета им. В. И. Вернадского «Педагогическое

и физиологическое обоснование системы физического воспитания и спорта учащихся и студентов.

Цель исследований – определить физиологические механизмы внутрисистемных гемодинамических изменений в кровообращении головного мозга в связи с воздействием паравертебральной миорелаксации у спортсменов, занимающихся тяжёлой атлетикой.

Задачи исследования:

1. Изучить влияние паравертебральной миорелаксации на функцию мозгового кровообращения у тяжелоатлетов.

2. Дать характеристику изменениям мозговой гемодинамики тяжелоатлетов в связи с воздействием паравертебральной миорелаксации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие спортсмены, занимающиеся тяжелой атлетикой (n=32). Необходимость применения коррекционных воздействий для спортсменов была обусловлена наличием гипертонуса паравертебральных мышц. Возраст спортсменов составлял от 18 до 25 лет. Стаж занятий спортом – от 5 до 8 лет. Экспозиция применения комплекса плавательных упражнений с нудлом составляла 6 недель в переходном периоде годового тренировочного цикла, количество тренировочных занятий – 3 раза в неделю. При помощи реоанализатора РА5-01 регистрировали 8 основных показателей мозгового кровообращения.

1. Время быстрого наполнения (ВБН (с)) отражает способность крупных артерий мозга к растяжению во время систолического притока крови; показатель увеличивается при увеличении эластичности и снижении тонуса сосудов.

2. Время подъема реограммы (ВПР (с)), длительность восходящей части кривой (анакроты); изменяется сходно с ВБН.

3. Амплитуда дифференцированной реограммы в точке М (Ам дф (Ом/с)) характеризует максимальную скорость кровенаполнения. Чем выше амплитуда, тем ниже тонус крупных артерий.

4. Время прохождения сигнала с точки Р до И на реоэнцефалограмме (Т р-и (мс)) отражает тонус мелких сосудов изучаемой области, увеличение показателя свидетельствует о снижении тонуса мелких и средних артерий.

5. Время прохождения сигнала с точки Р до точки Л (Т(р-л) (мс)) отражает расположение диастолической волны по отношению к основной волне. Увеличение показателя свидетельствует о снижении тонуса мелких артерий.

6. Время задержки пульсовой волны (Т(р-е) (мс)) характеризует скорость движения пульсовой волны по магистральным сосудам; увеличивается с уменьшением тонуса сосудов.

7. Амплитуда дикротической волны (АИ (Ом)), показатель периферического сопротивления в области мелких артерий; увеличение показателя указывает на рост этого сопротивления и увеличение тонуса сосудов.

8. Дикротический индекс, равен $100 \cdot \text{АИ/АРГ}$, (ОИР (%)), показатель периферического сопротивления в области мелких артерий; чем выше индекс, тем

выше тонус артерий. Для расчета достоверности различий использовался непараметрический Т-критерий Вилкоксона

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование мозгового кровотока у спортсменов, занимающихся тяжелой атлетикой, до паравертебральной миорелаксации показало, что все показатели были в пределах нормы. Под влиянием паравертебральной миорелаксации наблюдались изменения характеристик реэнцефалографии. Отмечены характерные достоверные изменения временных характеристик прохождения пульсовой волны по мелким, средним и магистральным кровеносным сосудам головного мозга (левое и правое полушарие) у тяжелоатлетов после паравертебральной миорелаксации (рис.1; 2; 3). Некоторые изменения не были достоверными, однако, учитывая относительную консервативность параметров мозгового кровообращения, эти изменения рассматривали как тенденцию.

Под влиянием паравертебральной миорелаксации наблюдались изменения характеристик реэнцефалографии, из которых наиболее характерными было увеличение ВБН, ВПР, увеличение Ам дф, Три, Трл, АИ и ОИР. Исходя из современной интерпретации значений реэнцефалографии, все ее показатели можно разделить по характеру связи с состоянием сосудов головного мозга [4]. Основываясь на этом, можно констатировать тот факт, что у тяжелоатлетов после паравертебральной миорелаксации наблюдались изменения в виде возрастания тонуса магистральных сосудов (уменьшение Тре).

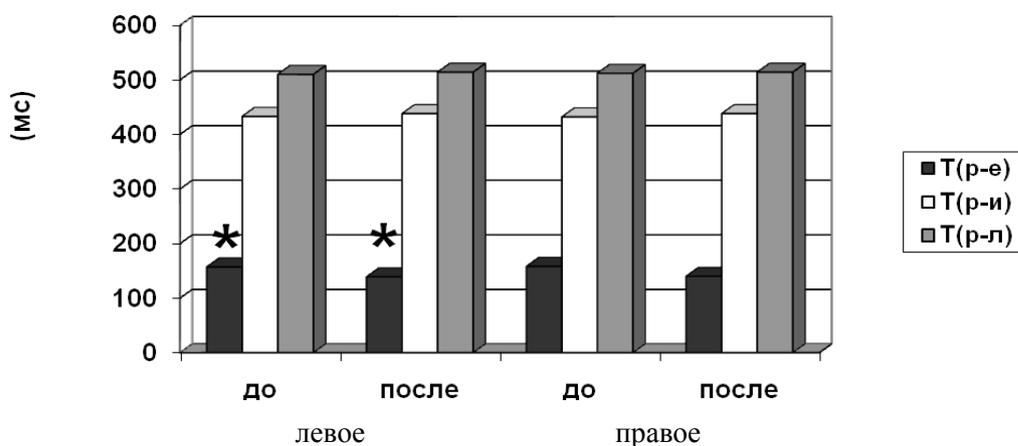


Рис.1. Временные характеристики прохождения пульсовой волны по мелким, средним и магистральным кровеносным сосудам головного мозга (левое и правое полушарие, * указаны значения при $p \leq 0,05$ по Вилкоксону) у тяжелоатлетов до и после паравертебральной миорелаксации.

T(p-e), T(p-i), T(p-l) – время прохождения пульсовой волны в точках p-e, p-i, p-l соответственно.

Также получено снижение тонуса крупных и мелких артерий (увеличение Ам дф), падение тонуса средних артерий головного мозга и снижение периферического сопротивления в области мелких артерий (снижение АИ и ОИР). После паравертебральной миорелаксации у тяжелоатлетов увеличилась способность крупных артерий мозга к растяжению во время систолического притока крови, что связано с увеличением эластичности и снижением тонуса сосудов (увеличение ВБН и ВПР) (рис. 2). Учитывая эти гемодинамические изменения и довольно разнообразные реакции мозговых сосудов, можно предположить, что паравертебральная миорелаксация обладает воздействием, вызывающим модуляции в работе как симпатического, так и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, причем последовательность и степень этих изменений вариативны [5, 6]. Поэтому наиболее перспективным, на наш взгляд, является индивидуальный анализ реакций мозговых сосудов у разных испытуемых, с одновременной записью вариабельности сердечного ритма.

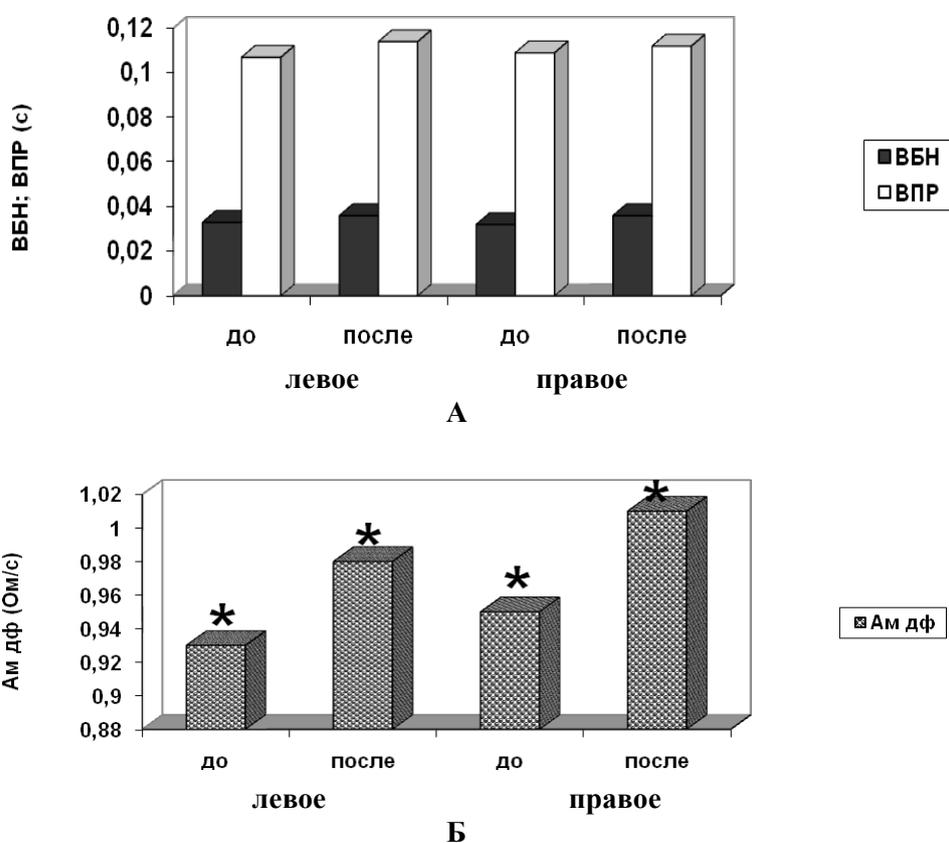
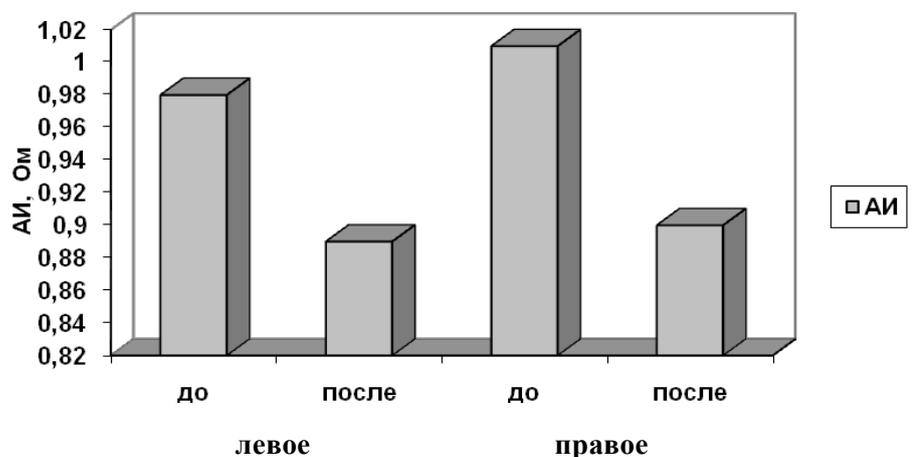


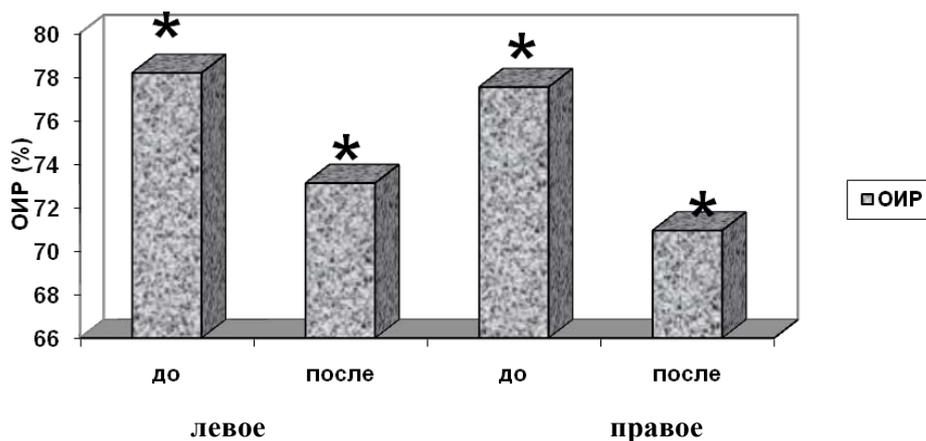
Рис.2. Показатели наполнения кровью сосудов головного мозга (левое и правое полушарие) у тяжелоатлетов до и после паравертебральной миорелаксации (А –

временные показатели, Б – амплитудно-временные показатели). (*указаны значения при $p \leq 0,05$ по Вилкоксону).

ВБН – время быстрого наполнения, ВПР – время подъёма реограммы, Ам дф – амплитуда дифференцированной реограммы в точке – м.



А



Б

Рис.3. Показатели периферического сосудистого сопротивления в области мелких артерий головного мозга у тяжелоатлетов до и после паравертебральной миорелаксации (А – амплитудные (абсолютные) показатели, Б – амплитудные (относительные)), (*указаны значения при $p \leq 0,05$ по Вилкоксону).

АИ – амплитуда инцизуры, ОИР – относительный индекс, реографический или дикротический индекс

Отмечено снижение ряда показателей (АИ и ОИР), отражающих периферическое сосудистое сопротивление в области мелких артерий головного мозга (рис. 3). О практическом значении, преимуществах и адекватности изменений, в связи с

паравертебральной миорелаксацией состояния кровеносных сосудов головного мозга у тяжелоатлетов, делать однозначные интерпретации сложно, однако существует возможность характеризовать изменения условий мозговой гемодинамики [7]. Полученные результаты дают основания использовать паравертебральную миорелаксацию в оптимизации мозговой гемодинамики в видах спорта, где возможны локальные гипертенусы паравертебральных мышц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Эффективность кинематики и энергетики движений в тяжелой атлетике зависит от функционального состояния опорно-двигательного аппарата, в том числе и паравертебральных мышц. Частые явления гипертенуса этих мышц влияют на функции сердечно-сосудистой системы и, в частности, на процессы мозговой гемодинамики. Это дает основание к использованию паравертебральной миорелаксации в условиях водной среды с целью снижения гипертенуса мышц и оптимизации состояния сосудов головного мозга.
2. У спортсменов-тяжелоатлетов наблюдалась следующая реакция на паравертебральную миорелаксацию: возрастание тонуса магистральных сосудов (уменьшение Тре_с), падение тонуса крупных и средних артерий головного мозга, снижение тонуса мелких артерий (снижение АИ и ОИР), увеличилась способность крупных артерий мозга к растяжению во время систолического притока крови, что связано с увеличением эластичности и снижения тонуса сосудов (увеличение ВБН и ВПР).
3. Использование паравертебральной миорелаксации в условиях водной среды привело к позитивным, с позиций классической гемодинамики, изменениям мозговой гемодинамики у тяжелоатлетов. Для этих изменений характерно увеличение продолжительности фазы кровенаполнения и объёмного кровотока, снижение периферического сопротивления мелких сосудов головного мозга.

Список литературы

1. Амосов Н. М. Физическая активность и сердце / Н. М. Амосов, Я. М. Бендет [3-е изд., перераб. и доп.] – К.: Здоровья, 1989. – 216 с.
2. Krivetz E. V. Adaptive reactions of central cardiohemodynamics in sportswomen, engaged in synchronized swimming. 6- th Internat. Sci. Congr. "Problems of Sex dimorphism in Sport", Katowice 20-22. 10. – 2000.
3. Wilmore I. H. Physiology of sport and exercise. / I. H. Wilmore, D. L. Costill // Human kinetics. – 1994. – P. 548.
4. Агте Б. С. Реоэнцефалография / Б. С. Агте, П. П. Мановицкий // Методы исследования в невропатологии / [сб. науч. трудов/ науч. ред. Агте Б.С.] – Киев: Здоровья, 1981. – С. 32–40.
5. Домбровский В. В. Влияние вестибулярного раздражения на мозговое кровообращение у спортсменов / В. В. Домбровский, Д. В. Сышко, В. Ф. Грузевская // Таврический медико-биологический вестник: Науч.-практ. журн. – 2002. – № 4. Т. 5. – С. 25–28.
6. Москаленко Ю. Е. Функциональная устойчивость системы мозгового кровообращения / Ю.Е. Москаленко // Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова. – 1978. – Т. 64, № 5. – С. 654–659.
7. Сышко Д. В. Влияние паравертебральной миорелаксации на электрические процессы в сердце у спортсменов / Д. В. Сышко // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. наук. пр. під ред. Єрмакова С. С. – Харків. – 2013. – №2. – С. 79–83

CONDITIONS OF CEREBRAL HEMODYNAMICS AT WEIGHTLIFTERS
BEFORE AND AFTER PARAVERTEBRAL MIORELAXATION*Mametova O. B., Syshko D. V., Savina K. D., Syshko G. D.**Crimean V.I. Vernadsky Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation
E-mail: syshko@list.ru*

Efficiency of the kinematics and energetic of movements in weightlifting depends on the functional state of the musculoskeletal system, including paravertebral muscles. Frequent hyper tonus of paravertebral muscles affect the function of the cardiovascular system and in particular the processes of cerebral hemodynamics. Paravertebrals miorelaxation was the complex of exercises in a water environment for decreasing of paravertebral muscles tone. The reoentsefalografics (REG) indexes of the athletes - weight lifters were registered before and after paravertebral miorelaxation. Paravertebral miorelaxation of weightlifters caused them changes in the form of increasing tone of the great blood vessels, decreased tone of large and medium-sized arteries of the brain, increasing the tone of the small arteries. The obtained data indicate that there are different mechanisms of adaptation in the cerebral blood vessels, under influence of the paravertebral miorelaxation. This gives grounds to use the paravertebral muscle relaxation in the conditions of the aquatic environment for reducing muscle hyper tonus and optimizing the state of cerebral vessels. Under the influence of paravertebral muscle relaxation changes in the re-encephalography characteristics have been observed. Some of the indicators were not significant; however, given the relative conservatism of the parameters of cerebral circulation, these changes are seen as a trend. Weightlifters showed up significant changes in specific temporal characteristics of the pulse wave passing through small, medium and trunk blood vessels of the brain (the left and right hemisphere) after paravertebral muscle relaxation. These differences are predetermined by two main factors: the functional condition of the cardiovascular system in general and the functional condition of the regulation system of cerebral hemodynamic.

Keywords: miorelaxation, rheoencephalography, the athletes, the tone of cerebral blood vessels.

References

1. Amosov N.M., Bendet Y.M. *Fizicheskay aktivnost i serce [Physical activity and heart]*, 216 p (Kiev, 1989).
2. Krivetz E.V. Adaptative reactions of central cardiohemodynamics in sportswomen, engaged in synchronized swimming. *Abstracts of 6- th Internat. Sci. Congr. "Problems of Sex dimorphism in Sport"*, (Katowice, 2000), p. 20
3. Wilmore I.H. Physiology of sport and exercise. *Human kinetics*, 548 (1994).
4. Agte B.C., Manovickiy P.P. *Metody isledovaniy v nevropatologii [Methods of research in a neuropathology]*, (Kiev, 1981), p. 32.
5. Dombrovsky V.V., Syshko D.V., Gryzhevskay V.F. *Tavricheskiy mediko-biologicheskiy vestnik [Tavrida medicine and biology announcer]*, **5, 4**, 25 (2002).
6. Moskalenko Y.E. *Fiziologicheskiy zhurnal SSSR im. I. M. Sechenova [Physiological journal of USSR by him. I.M. Sechenova]*, **64, 5**, 654 (1978).
7. Syshko D.V. *Pedagogika, psihologiy ta meduko-biologichni problemy fizychnogo vyhovany i sporty [Pedagogic, psychology and medics-biology problems physical education and sport]*, **2**, 79 (2013).

Поступила в редакцию 29.10.2015 г.

УДК 598.26 (477.43)

**ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВОГО ТА СЕЗОННОГО РОЗПОДІЛУ
ВОРОНОВИХ ПТАХІВ В УМОВАХ ТРАНСФОРМОВАНИХ ЛАНДШАФТІВ
ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Мацюра О. В.¹, Зимароєва А. А.²

¹ *Алтайський державний університет, Барнаул, Росія*

² *Житомирський національний агротехнологічний університет, Житомир, Україна*
Email: amatsyura@gmail.com

Протягом 2009-2012 рр. було проведено дослідження просторового розподілу воронових птахів в Житомирській області відповідно градієнту антропогенного навантаження та сезонів року. В Житомирській області зустрічається шість видів воронових птахів: сіра ворона, ворон, грак, галка, сойка, сорока, горіхівка. Для дослідження було обрано найбільш типових представників родини Воронових.

Зі збільшенням градієнту антропогенного навантаження щільність грака зростала, що свідчить про високий рівень синантропізації грака в Житомирській області. Найбільшу щільність граків у селах було відмічено у гніздовий та післягніздовий періоди, а у містах – в зимовий та період весняної міграції.

У гніздовий період в містах нами було зареєстровано низьку щільність сірої ворони, в селах щільність ворони у гніздовий період була більша, ніж в період осінніх міграцій та зимівель.

При переході від менш до більш урбанізованих ландшафтів щільність населення сорок зростала. Щільність населення галки також збільшувалась при переході до більш урбанізованих територій; виключенням з загальної тенденції є середні села, де щільність галки була високою. Максимальна щільність галки у містах та селищах міського типу була відмічена у зимові місяці, а в селах – в гніздовий та післягніздовий періоди.

Найбільша щільність сойки була характерна для малих сіл, найменша – для середніх міст. Найбільше значення щільності було зареєстровано нами у післягніздовий період. У містах щільність сойки в зимовий період, порівняно з гніздовим періодом, була значно вища, в селах – навпаки. Найбільша середня щільність крука була зареєстрована нами в малих селах, а найменша – у селищах міського типу. Для всіх типів населених пунктів найвища щільність круків була характерна для зимового періоду.

Ключові слова: Воронові птахи, просторовий розподіл, сезонний розподіл, Житомир, Україна.

ВСТУП

Птахи є невід'ємною частиною багатьох екосистем, яка швидко реагує на вплив різноманітних чинників середовища. Це досить пластична група хребетних тварин, що під впливом антропогенних чинників може набувати нових адаптацій та змінювати характер розподілу на антропогенних територіях [1, 2]. Птахи, як обов'язковий компонент тваринного населення міст, залучаються до процесів синантропізації та урбанізації, проте закономірності формування орнітокомплексів на антропогенно-трансформованих територіях досліджені недостатньо і потребують

детального вивчення [3, 4].

Виділяють п'ять категорій, що відображають послідовні стадії процесу синантропізації (синурбізації) птахів: сезонні синантропи – птахи, які відвідують населенні пункти, але розмножуються тільки за межами антропогенного ландшафту; пасивні синантропи – види птахів, які гніздяться в біотопах населених пунктів, близьких до природних; факультативні синурбаністи – птахи, що зимують та живляться в населених пунктах; розвинуті синурбаністи – птахи, більше чверті популяції яких мешкають на високоурбанізованих ділянках і які характеризуються певними біологічними відмінностями від птахів природних біотопів; екстремальні (повні) синурбаністи – птахи, основна частина популяції яких розмножується виключно в населених пунктах [5–8]. В умовах інтенсивного господарського освоєння людьми природних ландшафтів обов'язковою складовою орнітокомплексів урбанізованих територій є воронові птахи [9].

Воронові надають перевагу антропогенним ландшафтам і вдало адаптуються до життя в них завдяки своїй унікальній високій екологічній пластичності, тобто широкому діапазону модифікацій екологічних та етологічних пристосувань при зміні умов існування [10, 11]. Ці птахи можуть займати екологічні ніші зі значними коливаннями температур, а їх загальний високий метаболізм сприяє формуванню всеїдності та екологічної пластичності [12]. Тому, багато представників воронових у різноманітних ділянках їх ареалів проявляють синантропні тенденції: активно освоюють антропогенні ландшафти, є багаточисельними у межах міст, а тому спричиняють проблеми для комунальних та санітарно-епідеміологічних служб у місцях їх масових скупчень [13].

Наразі накопичена велика кількість робіт, що стосуються екології воронових птахів в антропогенних ландшафтах [1, 9–11, 14–16]. Оскільки контакти воронових з людиною набувають все більш тісного характеру, важливим стає комплексне і всебічне вивчення цієї групи птахів [17]. Інтерес до вивчення воронових пов'язаний не тільки з їх великою систематичною та екологічною різноманітністю, але й зі складною поведінкою та важливим практичним значенням [18–21].

Дослідження, що пов'язані з вивченням родини воронових птахів в антропогенних та природних ландшафтах України, носять фрагментарний характер. Екологія родини розглядалась в контексті загальних проблем орнітофауни країни і детально майже не вивчалась. Є роботи, в яких наводяться дані щодо чисельності або щільності окремих видів *Corvidae* у різних регіонах України [18–28]. Воронові птахи м. Житомира майже не досліджені.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Градiєнт антропогенного навантаження між містами та сільськими біотопами був поданий у вигляді бальної оцінки: 1 – малі села, 2 – середні села, 3 – великі села, 4 – селища міського типу, 5 – малі міста, 6 – середні міста, 7 – велике місто.

Об'єктом досліджень було обрано наступні види воронових птахів: грака (*Corvus frugilegus* L.), галку (*Corvus monedula* L.), сіру ворону (*Corvus cornix* L.), сороку (*Pica pica* L.), сойку (*Garrulus glandarius* L.) та крука (*Corvus corax* L.). Видову належність представників *Corvidae* визначали за польовим визначником

птахів України [29].

В основу роботи покладено результати польових досліджень, проведених з вересня 2009 року по серпень 2012 року в містах та селах Житомирської області. Облік воронових птахів проведено на 38 маршрутах (13 з яких у м. Житомир) у 21 населеному пункті Житомирщини. Усього за цей період проведено маршрутних обліків понад 8 000 км.

Неоднорідність міського середовища існування та відсутність детально розроблених методик обліку птахів у містах унеможлиблює використання якоїсь однієї методики для визначення чисельності орнітофауни [30]. Слід враховувати, що кожен тип забудови, а також території зелених насаджень потребують свого особливого підходу. Зважаючи на це, ми скористалися диференційованим підходом.

У межах міської забудови обліки проводили на трансектах зі змінною шириною облікової смуги (оскільки на різних ділянках маршруту відстані між будівлями різняться), тобто фактично на серії фіксованих майданчиків, що примикають один до одного [31, 32].

Для птахів, які траплялися на маршруті в польоті, щільність населення розраховували за формулою Яппа:

$$N = \frac{np}{Rvt_1} \quad (1)$$

де N – кількість особин/км², n – кількість птахів, що летять; R – радіальна дальність виявлення особини (групи особин), км; t – час спостереження, год.; v_1 – швидкість польоту птаха (для сірої ворони – 50 км/год, для інших – 30 км/год); v_2 – швидкість руху спостерігача, км/год [33, 34].

Загальну щільність розраховували як суму щільностей птахів, що сидять, та тих, які летять. Ширина трансекти в середньому дорівнювала: в межах масивів старої багатоповерхової (3–5-ти поверхової) забудови – 60 м; в межах індивідуальної забудови – 100 м; серед новобудов (9–14-ти поверхових) – 80 м; в промисловій зоні – 200 м; в парках, скверах та на бульварах – 300 м.

У міських парках, лісопарках та на пустирях птахів підраховували без обмеження ширини облікової смуги інтервальним методом. Цю ж методику використовували і для обліку птахів у сільських населених пунктах. Перерахунок отриманих показників щільності на площу (кількість особин на 1 км²) здійснювали за середньою дальністю виявлення птахів [32] з використанням стандартної перерахункової формули:

$$N = \frac{np}{L} \quad (2)$$

де n_1 – n_4 – число особин, які зареєстровані в смугах виявлення, відповідно 0–25 м; 25–100 м; 100–300 м та 300–1000 м; 40, 10, 3 та 1 коефіцієнти для перерахунку, а L – пройдена відстань, км.

Для птахів, які траплялись в польоті, підрахунок щільності проводили за наступною формулою:

де t – час спостереження, год; v – швидкість польоту птаха (для сірої ворони – 50 км/год, для інших – 30 км/год).

У гніздовий період враховували всіх зустрінутих птахів та всі гнізда, що траплялися при проходженні маршруту, з метою визначення щільності окремих видів птахів, котрі гніздяться, та загальної щільності воронових.

З огляду на особливості клімату регіону проведення досліджень, а також на сезонні ритми, які притаманні саме вороновим птахам на території області, в рамках річного циклу ми виділили кілька періодів: зимовий (1 листопада – 15 лютого), передгніздовий або період весняних міграцій (16 лютого – 30 березня), гніздовий (1 квітня – 30 червня), період літніх кочівель або післягніздовий період (1 липня – 31 серпня) та період осінніх міграцій (1 вересня – 30 жовтня). Сезонну динаміку орнітофауни населених пунктів розглядали у відповідності з виділеними періодами.

Статистична обробка даних проводилася в пакетах *MS Excel* та *Statsoft Statistica 6.0*. Для визначення нормальності розподілу використовували тест Колмогорова-Смірнова. В роботі приймався 5% рівень значущості. Різниця між середніми вважалася вірогідною, якщо імовірність $p \leq 0,05$. Оцінку тісноти лінійного зв'язку здійснювали за допомогою кореляційного аналізу, при цьому використовували коефіцієнт кореляції Пірсона. Для встановлення достовірної статистичної різниці між вибірками застосовували *t*-критерій Стьюдента для незалежних вибірок та критерій Фішера. Якщо розподіл вибірки був визначений як не нормальний, то використовували непараметричні тести, зокрема критерій Манна-Уїтні. Рівняння регресії для щільності воронових птахів у різних населених пунктах та значення коефіцієнтів було розраховано за допомогою програми *Curve Expert 1.4*.

Мета нашого дослідження – встановити щільність воронових птахів в різні періоди року в населених пунктах Житомирщини, які мають різний ступінь антропогенного перетворення ландшафту.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Щільність та розподіл грака

Середня щільність граків становить $55,9 \text{ ос/км}^2$ ($SD = 94,2$) і коливається від $0,4 \text{ ос/км}^2$ у малому селі Стара Олександрівка до $79,0 \text{ ос/км}^2$ у обласному центрі – м. Житомир. Обраховані нами щільності популяцій грака не підпорядковуються нормальному розподілу (*Kolmogorov-Smirnov test*; $d = 0,28$; $p \leq 0,01$).

За допомогою кореляційного аналізу достовірно встановлено ($p \leq 0,05$), що між щільністю граків та градієнтом антропогенного навантаження існує прямий лінійний зв'язок. Зі збільшенням градієнту щільність грака зростає (рис. 1), що свідчить про високий рівень синантропізації грака в Житомирській області. Згідно наших досліджень, найбільша середня щільність граків характерна для міст та зафіксована у м. Житомирі взимку 2012 року.

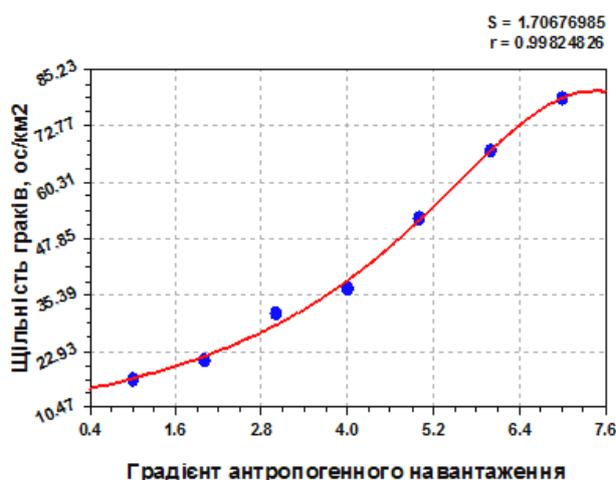


Рис. 1. Залежність щільності граків від типу населеного пункту (gradient антропогенного навантаження на осі ОХ: 1 – малі села, 2 – середні села, 3 – великі села, 4 – селища міського типу, 5 – малі міста, 6 – середні міста, 7 – велике місто).

У результаті аналізу отриманих даних в програмному середовищі Curve Expert 1.4 встановлено залежність між щільністю та gradientом антропогенного навантаження на екосистемі, виражену рівнянням (3):

(3)

де $a = 7,44$; $b = -1,65$; $c = 1,1$; коефіцієнт кореляції 0,99; стандартне відхилення 1,7.

Щільність граків значно варіює в різних типах населених пунктів ($p \leq 0,05$; $F = 13,4$) і не завжди підпорядковується загальним лінійним закономірностям зміни щільності в gradientі антропогенного навантаження. Найбільшу щільність граків у населених пунктах було зареєстровано нами в зимовий період. Максимальну кількість граків взимку спостерігали у містах, насамперед, у м. Житомирі. Так, середня зимова щільність граків у Житомирі за 2009–2012 рр. склала 182,4 ос/км².

Вважають [25, 26], що збільшення чисельності грака у містах України взимку пов'язане з міграцією граків із північно-європейських популяцій. Частина граків, які не покидають на зиму район свого гніздування (народження) зростає, і це стосується не тільки дорослих птахів, але й молодих [35–37]. Ми припускаємо, що кількість граків, котрі зимують у містах, істотно збільшується за рахунок їх притоку із приміських сіл на зимівлю у міста: кількість птахів у сільських населених пунктах взимку зменшується, а у містах збільшується (рис. 2).

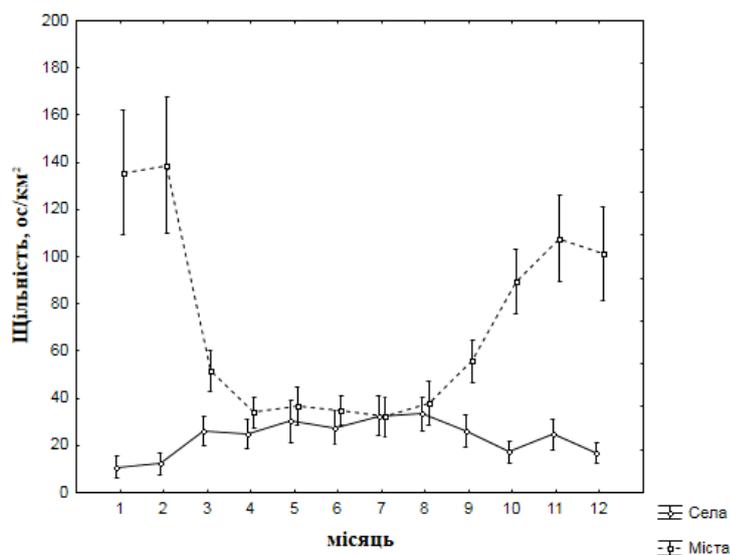


Рис. 2. Зміна щільності граків за місяцями року в сільських і міських населених пунктах (середнє значення та стандартне відхилення)

Покажемо, що динаміка чисельності відрізняється у різних типах населених пунктів. Так, пік чисельності грака у селах припадає на гніздовий та післягніздовий періоди, а у містах – на зимовий та період весняної міграції. Така ситуація може бути пов'язана із кочівлями воронових, оскільки взимку воронові переміщуються із сіл у міста, де є достатня кількість кормових ресурсів та більш м'які температурні умови. Протягом передгніздового періоду птахи знову відкочовують у села, в яких і гніздяться. Влітку чисельність граків у містах різко падає – птахи відлітають з міст і харчуються на полях та городах в приміських селах, де їхня щільність закономірно збільшується.

Висока щільність граків у періоди весняних та осінніх міграцій пов'язана, вочевидь, з прольотом граків, які мігрують з інших областей України. Масовий весняний проліт граків через Житомирську область йде в третій декаді лютого – першій декаді березня і продовжується протягом всього березня. Початок прольоту тісно корелює з погодними умовами: під час затяжної та холодної зими 2012 року перші прольотні зграї ми спостерігали лише в першій декаді березня, тоді як в 2009 році перша хвиля весняної міграції граків почалася вже в кінці першої декади лютого.

Осінній проліт грака відбувається в кінці вересня – початку жовтня і закінчується до першого листопада. В жовтні міграційна активність граків стає досить помітною – в цей час реєструються багатотисячні зграї граків, котрі часто ночують на території населених пунктів області. Перші зимуючі зграї цього виду воронових в населених пунктах області з'являються в першій половині жовтня. Чисельність їх швидко збільшується в кінці жовтня – першій декаді листопада та продовжує зростати протягом всієї зими.

Граки є абсолютними домінантами серед зимового населення воронових на

звалищах побутових відходів у всіх населених пунктах, в яких проводилися дослідження. Варто відмітити, що грак домінує як на сільських, так і на міських звалищах, причому в містах чисельність граків на звалищах є набагато більшою, ніж в селах. У холодні та сніжні зимові дні на звалищі твердих побутових відходів м. Житомира харчується близько 5 тисяч граків.

Особливості просторового розподілу сороки

У досліджених нами населених пунктах середня чисельність сороки становить $8,7 \text{ ос/км}^2$ ($SD = 11,2$). Визначені щільності цих птахів мають ненормальний розподіл (критерії Колмогорова-Смірнова, Лілієфорса, $p \leq 0,01$).

Розподіл та чисельність сороки у різних біотопах пов'язані, насамперед, із наявністю заростей кущів, що чергуються з відкритими просторами, тобто на щільність сороки достовірно впливають природно-географічні умови конкретного досліджуваного населеного пункту ($p \leq 0,05$; $F = 9,3$). Щільність сорок корелює з градієнтом антропогенного навантаження, між цими показниками існує дуже слабкий лінійний зв'язок (коефіцієнт кореляції $0,18$, $p \leq 0,05$; $F = 20,1$).

В цілому, при переході від менш урбанізованих до більш урбанізованих ландшафтів чисельність сорок зростає. Найбільшу середню щільність сороки відмічено у м. Житомир ($10,2 \text{ ос/км}^2$).

Порівняння середніх значень щільності сороки в населених пунктах з різним градієнтом антропогенного навантаження за допомогою такого критерію як найменша суттєва різниця, дало змогу виявити наступні тенденції: щільність сорок в малих селах достовірно відрізняється від усіх інших типів населених пунктів, окрім середніх сіл ($p = 0,66$), а щільність цих птахів у великих селах відрізняється від щільності у селищах міського типу ($p = 0,21$), малих містах ($p = 0,84$), середніх містах ($p = 0,88$) та у м. Житомир ($p = 0,38$) не достовірно. Щільність сорок у селищах міського типу достовірно відрізняється від таких у малих та середніх селах та м. Житомир. Щільність сороки у містах достовірно відрізняється лише від щільності цих птахів у селах з кількістю населення до 1000 чоловік ($p \leq 0,05$).

Нами також встановлено залежність між щільністю сороки та градієнтом антропогенного навантаження (рис. 3), виражену наступним рівнянням (4):

(4)

Де: $a = 3,78$; $b = 1,77$; $c = 9,43$; $d = 1,72$; коефіцієнт кореляції $0,97$; стандартне відхилення $0,8$.

Аналіз динаміки щільності сорок протягом року не показав достовірного впливу періоду року на чисельність цих птахів у населених пунктах Житомирщини ($p \leq 0,05$; $F = 1,87$): середня чисельність сороки майже не змінюється впродовж періодів року. Очевидно, це обумовлено осілим способом життя сороки і відсутністю у цього виду воронових далеких перельотів у пошуках їжі.

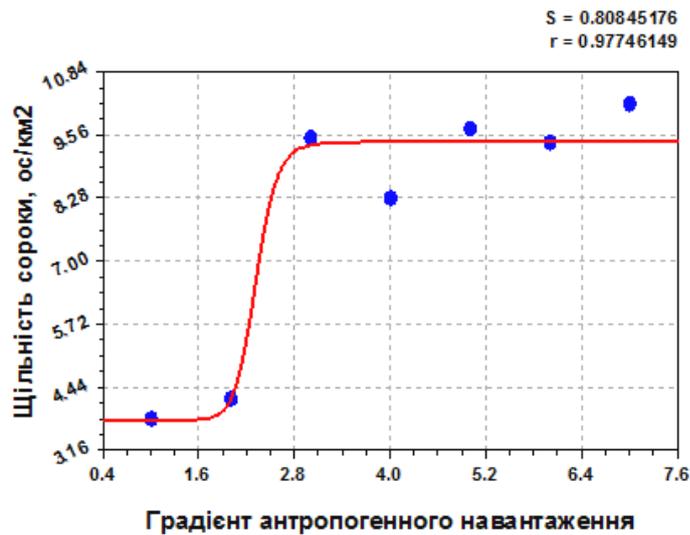


Рис. 3. Залежність щільності сороки від типу населеного пункту (значення на осі OX – див. рис. 1).

Проте, нами було виявлено певні відмінності у динаміці чисельності сорок у різних типах населених пунктів. Так, максимальна щільність сорок у містах та селах спостерігається в зимовий та літній період (рис. 4). Це можна пояснити тим, що взимку невелика кількість цих птахів прикочує у міста з прилеглих до них сіл у пошуках корму, особливо в холодні дні, а з настанням весни птахи повертаються на місця свого гніздування. Порівняно висока чисельність сороки в сільських населених пунктах у літній період пов'язана, з одного боку зі зростанням чисельності місцевих популяцій за рахунок появи молодняку, а з іншого – тим, що частина міських сорок, котрі мешкають на околицях міста, часто харчується на дачних присадибних ділянках та в садках, що знаходяться за межами міста.

Впродовж трьох років досліджень (2009–2012 рр.) щільність сороки змінювалася незначно ($p \leq 0,05$; $F = 0,58$). Найбільшим цей показник був протягом другого року досліджень та дорівнював $9,0 \text{ ос/км}^2$. У перший рік досліджень щільність сорок складала $8,5 \text{ ос/км}^2$, а в третій - $8,7 \text{ ос/км}^2$. Таким чином, щільність сороки коливається у певних досить вузьких межах, залишаючись відносно стабільною, а це свідчить про те, що цей вид почуває себе досить комфортно в ландшафтах перетворених людиною і, що сорока вдало адаптувалася до життя в населених пунктах.

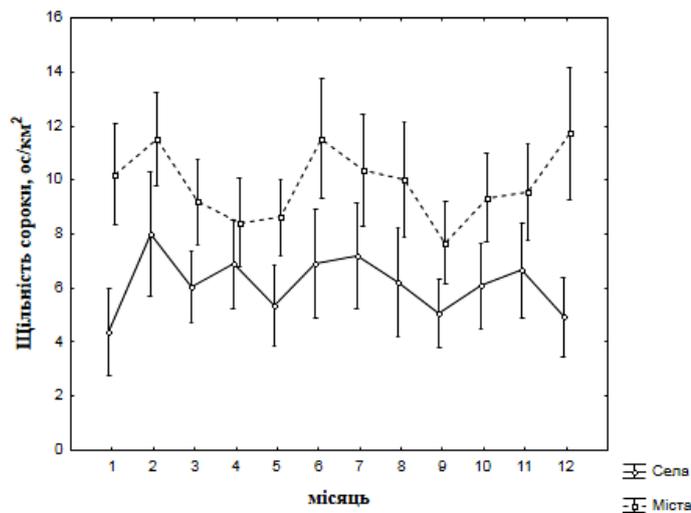


Рис. 4. Зміна щільності сороки за місяцями року в сільських і міських населених пунктах.

Закономірності просторового розподілу сірої ворони

Гradient антропогенного навантаження достовірно впливає на щільність сірих ворон ($p \leq 0,05$; $F = 29,2$). Середня щільність цих птахів у досліджених населених пунктах становить $6,6 \text{ ос/км}^2$. Лінійний зв'язок між gradientом антропогенного навантаження та щільністю сірої ворони оцінюється як слабкий (коефіцієнт кореляції $0,23$; $p \leq 0,05$).

Логістична модель залежності щільності сірих ворон від gradientу антропогенного навантаження (рис. 5) описується рівнянням (5):

$$y = \frac{a}{1 + b \cdot x^c + d} \quad (5)$$

де $a = -4,2$; $b = 6,2$; $c = -1,4$; $d = 1,11$; коефіцієнт кореляції $0,98$; стандартне відхилення $0,63$.

Не дивлячись на достовірний вплив gradientу антропогенного навантаження на чисельність сірих ворон, лише в малих селах та великих містах їх середня щільність достовірно відрізняється від щільності в усіх інших типах населених пунктів ($p \leq 0,05$), щільність птахів у середніх, великих селах та селищах міського типу різняться між собою неістотно ($p \leq 0,05$); різниця в щільності сірих ворон у малих та середніх містах також недостовірна ($p \leq 0,05$).

Показники чисельності сірої ворони значно різняться в населених пунктах області ($p \leq 0,05$; $F = 9,9$) і не завжди підпорядковуються загальним лінійним закономірностям зміни щільності в gradientі антропогенного навантаження.

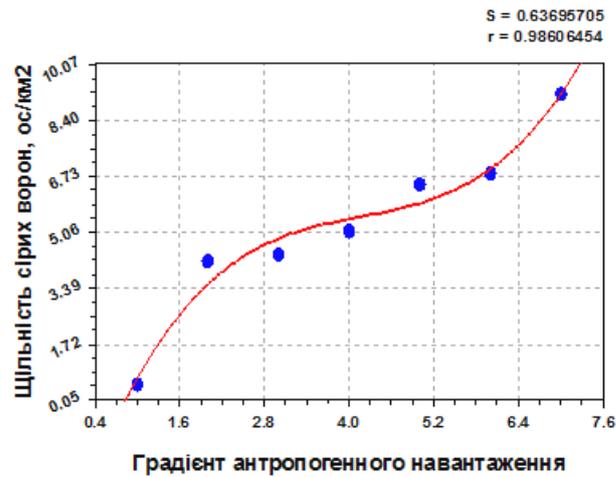


Рис. 5. Залежність щільності сірих ворон від типу населеного пункту (значення на осі ОХ – див. рис. 1).

Сірі ворони присутні в усіх селищах міського типу та містах області, в яких проводились дослідження. Найвища щільність цих птахів була відмічена нами у місті Житомирі – 9,2 ос/км². Щільність сірих ворон значимо коливається за періодами року ($p \leq 0,05$; $F = 4,8$).

Взимку розподіл сірої ворони визначається характером та ступенем господарського освоєння території. Птахи постійно зустрічаються біля житла людини, вздовж автомобільних доріг та залізничних колій, а в сільських населених пунктах концентруються навколо ферм та тваринницьких комплексів. В містах щільність сірих ворон найбільша, що пов'язано з наявністю великої кількості кормів антропогенного походження, основним джерелом яких є звалища та смітники. Досить часто чисельність птахів у невеликих сільських населених пунктах після встановлення стабільного снігового покриву зменшується, а в містах збільшується за рахунок притоку особин із сільських популяцій. В період весняних міграцій рухливість ворон зростає, птахи починають переміщуватися на свої гніздові ділянки. При цьому їх чисельність у містах, порівняно з зимовим періодом, падає (рис. 6).

У гніздовий період для міст характерна невисока щільність населення сірої ворони, а в селах, навпаки, щільність ворони у гніздовий період більша, ніж в осінньо-зимовий, що пов'язано з розподілом утворених пар на їх гніздових ділянках та початком репродуктивного циклу.

У перші тижні після завершення гніздування чисельність сірих ворон зростає в усіх типах антропогенних ландшафтів, що пов'язане, в першу чергу, з виходом молодняка з гнізд. Пізніше (в липні–серпні), чисельність ворон в міських кварталах зменшується, проте їх щільність зростає на околицях міст, приміських дачних ділянках та в оточуючих селах.

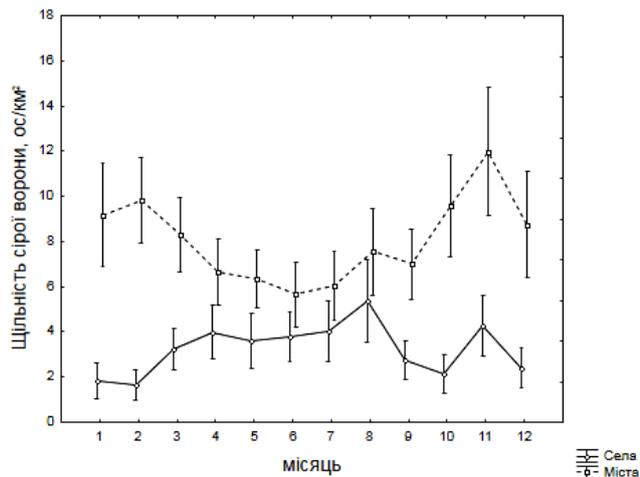


Рис. 6. Динаміка щільності сірої ворони за місяцями року в сільських і міських населених пунктах.

Говорити про певні популяційні тренди за 3 роки досліджень ми, звичайно, не можемо, оскільки середня щільність сірої ворони змінилася недостовірно ($p > 0,05$), хоча вона поступово й зростала протягом цих років: у перший рік досліджень (вересень 2009 – серпень 2010 рр.) щільність ворони становила $6,1 \text{ ос/км}^2$, в другий (вересень 2010 – серпень 2011 рр.) – $6,7 \text{ ос/км}^2$, а в третій (вересень 2011 – серпень 2012 рр.) – $7,0 \text{ ос/км}^2$.

Чисельність та розподіл галки

У досліджених населених пунктах середня щільність галки становить $9,7 \pm 0,4 \text{ ос/км}^2$ ($SD = 21,9$). Розподіл щільності галки не можна вважати нормальним (за критеріями Колмогорова-Смірнова та Лілієфорса, $p \leq 0,01$). Градієнт антропогенного навантаження достовірно впливає на щільність галки ($p \leq 0,05$; $F = 28,4$).

Вплив градієнту антропогенного навантаження на щільність (рис. 7) можна описати формулою (6):

$$y = a + b \cdot x \quad (6)$$

Де: $a = 8,9$; $b = 1,4$; коефіцієнт кореляції $0,96$; стандартне відхилення $1,54$.

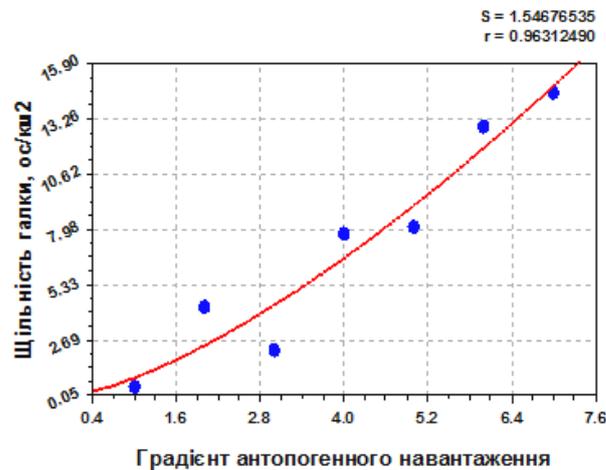


Рис. 7. Залежність щільності галки від типу населеного пункту (значення на осі ОХ – див. рис. 1).

Загалом, щільність населення галки зростає при переході до більш урбанізованих територій; виключенням з загальної тенденції є середні села, де щільність галки досить висока. Це можна пов'язати з впливом конкретних природно-кліматичних умов досліджених населених пунктів та великою гніздовою популяцією галки.

Для галки характерною є виражена динаміка чисельності за основними періодами року. Найвища щільність цих птахів в населених пунктах, особливо у містах, спостерігається взимку, що можна пояснити зимівлею птахів. Максимальна чисельність галок (268 ос/км²) була зареєстрована у м. Житомир в лютому 2012 року (період надзвичайно низьких температур) в центральних кварталах міста. Період року достовірно впливає на щільність населення галки ($p \leq 0,05$; $F = 18,7$), хоча є певні особливості в сезонній динаміці щільності виду в різних типах населених пунктів. Так, пік чисельності галки у містах та селищах міського типу припадає на зимові місяці, а в селах – на гніздовий та післягніздовий періоди (рис. 8). Навесні галки повертаються на місця гніздування. В сільських населених пунктах щільність птахів у гніздовий період більша, порівняно із зимовими місяцями, а у містах – навпаки. В післягніздовий період щільність галки зростає як в селах, так і в містах, що пов'язано із вильотом молодняка. Осіння міграція цього виду воронових разом із граками починається приблизно у першій декаді жовтня і закінчується до початку листопада.

В містах у зимовий період галки утворюють змішані зграї з граками, з якими вони об'єднуються на спільних колективних ночівлях та здійснюють щоденні кочівлі в пошуках корму.

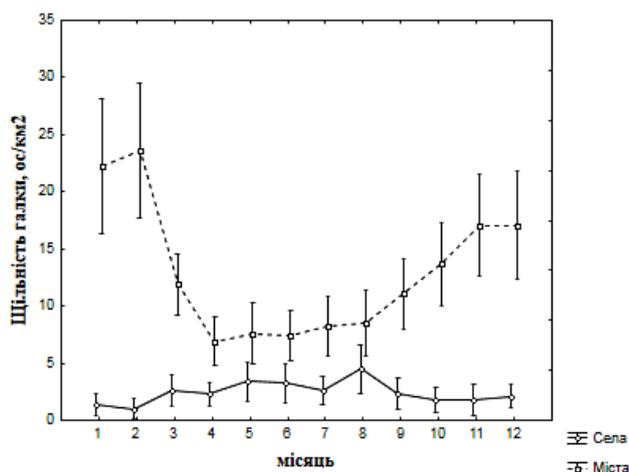


Рис. 8. Динаміка щільності галки за місяцями року в сільських та міських населених пунктах

Щільність птахів за три роки досліджень змінилася достовірно ($p \leq 0,05$; $F = 4,8$). Так, у перший рік досліджень середня щільність галки була $8,2 \text{ ос/км}^2$, у другий – $9,8 \text{ ос/км}^2$, а в третій – $11,3 \text{ ос/км}^2$.

Основні закономірності просторового розподілу сойки

Середня щільність сойки становить $2,4 \pm 0,1 \text{ ос/км}^2$ ($SD = 5,3$). Значення щільності сойки не мають нормального розподілу (згідно критеріям Колмогорова-Смірнова, Лілієфорса, $p \leq 0,01$). Щільність сойки значимо змінюється в різних населених пунктах ($p \leq 0,05$; $F = 15,9$), хоча і коливається у досить вузьких межах (від $0,1$ до $9,3 \text{ ос/км}^2$). Частка сойки відносно усіх воронових птахів, виявлених у певному населеному пункті, може коливатися від $0,2$ до $22,3 \%$. В останні роки спостерігається розширення гніздових стацій і поява гнізд сойки серед старих озелених міських кварталів та в невеликих парках центра м. Житомира. Однак, чисельність цього виду закономірно зменшується із посиленням ступеня антропогенного перетворення ландшафту (рис. 9).

Вплив градієнту антропогенного навантаження на щільність сойки є достовірним ($p \leq 0,05$; $F = 17,1$). Найбільша середня щільність сойки характерна для малих сіл ($4,9 \text{ ос/км}^2$), найменша – для середніх міст ($1,5 \text{ ос/км}^2$). Існує слабкий зворотний лінійний зв'язок між градієнтом антропогенного навантаження та щільністю сойки ($r = -0,16$; $p \leq 0,05$).

Вплив градієнту на щільність сойки можна описати формулою (7):

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 \quad (5)$$

де $a = 4,9$; $b = 3,2$; $c = 7,9$; $d = -2,8$; коефіцієнт кореляції $0,99$; стандартне відхилення $0,26$).

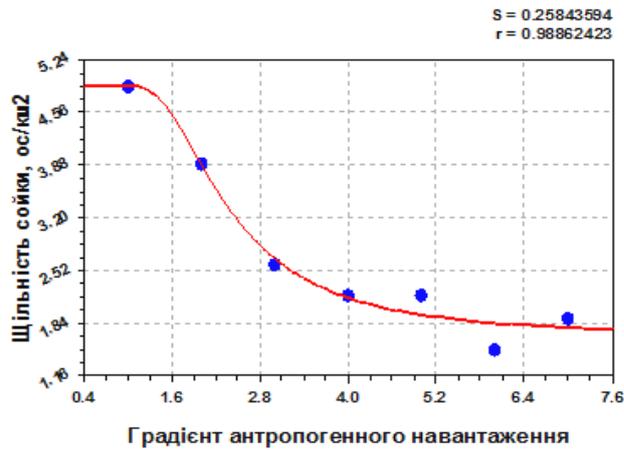


Рис. 9. Залежність щільності сойки від типу населеного пункту (значення на осі ОХ – див. рис. 1).

Щільність сойки значимо змінюється за періодами року ($p \leq 0,05$; $F = 3,5$). Найбільше значення середньої щільності було зареєстровано нами у післягніздовий період, що пов'язано з виходом молодняка з гнізд (саме в цей період сойки поводять себе вкрай галасливо). Нами були виявлені певні особливості сезонної динаміки сойки в залежності від типу населеного пункту. У містах області щільність сойки в зимовий період, порівняно з гніздовим періодом, значно вища, а в селах – навпаки. Ми вважаємо, що цей вид воронівих в умовах Житомирської області є видом не осілим, а кочовим та здійснює нетривалі перельоти в пошуках їжі, особливо взимку, коли в природних біотопах кормові ресурси виснажені, а в містах багато кормів антропогенного походження (рис. 10).

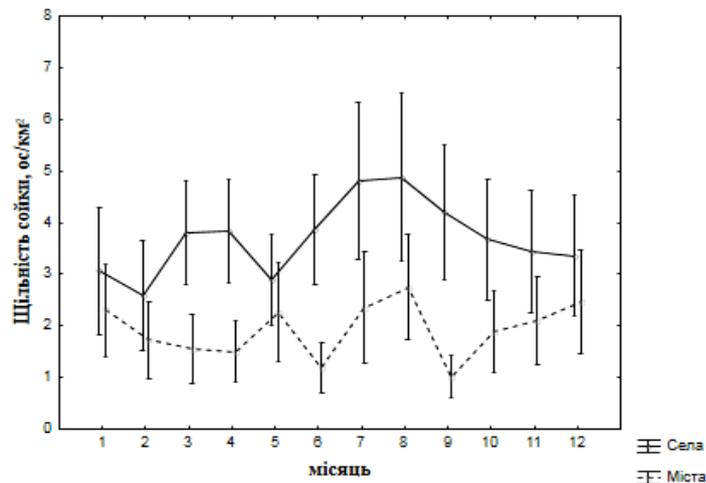


Рис. 10. Динаміка щільності сойки за місяцями року в сільських та міських населених пунктах.

Сойка в такі періоди трапляється в кварталах житлової забудови більшості міст Житомирщини, де вона харчується не тільки біля смітників, а й в штучних годівницях для інших видів птахів та домашніх тварин. Чисельність сойки в населених пунктах області впродовж періоду досліджень залишалася майже незмінною, що свідчить про стабільність місцевих популяцій сойки, хоча, відмічена певна тенденція до незначного росту чисельності цього виду воронових в населених пунктах Житомирщини: у перший рік досліджень – 2,2 ос/км², у другий – 2,3, а в третій – 2,6 ос/км².

Чисельність та розподіл крука

Середня щільність крука в досліджених населених пунктах та в безпосередній близькості від них становить $1,3 \pm 0,1$ ос/км² (SD = 3,7). Розподіл щільності крука не є нормальним (за критеріями Колмогорова-Смірнова та Лілієфорса) ($p \leq 0,01$). Цей вид складає від 0 до 33,7 % усіх представників воронових у населених пунктах області.

Найбільша середня щільність крука зареєстрована нами в малих селах – 2,2 ос/км², а найменша – у селищах міського типу – 0,6 ос/км². Залежність між щільністю та градієнтом антропогенного навантаження (рис. 11) можна виразити таким рівнянням (8):

$$y = ax^{b/x}, \quad (8)$$

де $a = 1,9$; $b = -1,8$; коефіцієнт кореляції 0,6; стандартне відхилення 0,5.

Хоча градієнт значимо впливає на просторовий розподіл *C. corax* ($p \leq 0,05$; $F = 6,3$), ми не можемо стверджувати, що щільність крука зростає чи зменшується при підвищенні ступеня урбанізації, оскільки величина цього показника залежить також від біотопічних умов конкретного населеного пункту.

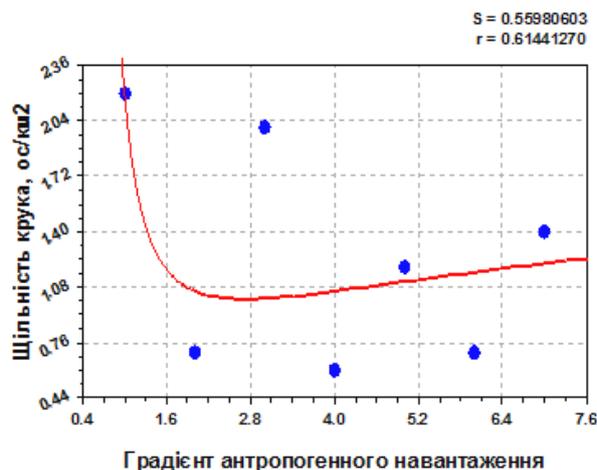


Рис. 11. Залежність щільності крука від типу населеного пункту (значення на осі ОХ – див. рис. 1).

Розподіл крука по території області досить сильно варіює за періодами року ($p \leq 0,05$; $F = 8,4$). Для всіх типів населених пунктів найвища щільність круків характерна для зимового періоду, що пов'язане з зимовими кочівлями цих птахів до населених пунктів у пошуках їжі. Навесні птахи повертаються на місця гніздування, а влітку кочують по природним біотопам у пошуках корму. Восени зграї круків знову починають переміщатися ближче до людей (рис. 12).

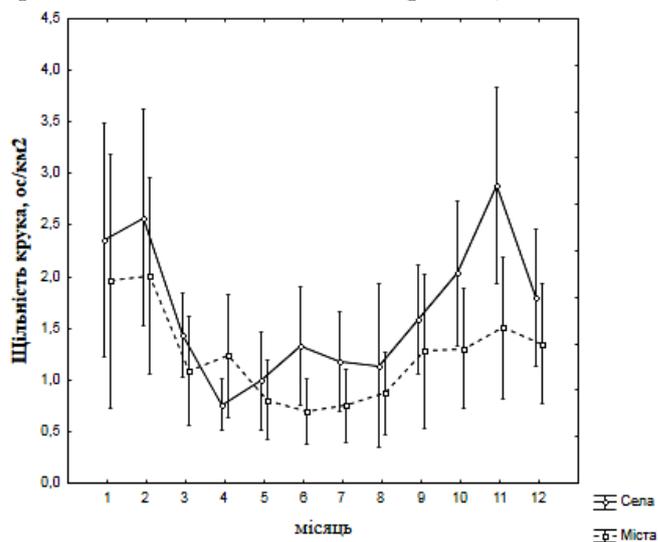


Рис. 12. Динаміка щільності крука за місяцями року в сільських та міських населених пунктах.

ВИСНОВКИ

Зі збільшенням градієнту антропогенного навантаження щільність грака зростає, що свідчить про високий рівень синантропізації грака в Житомирській області. Найбільшу щільність граків у населених пунктах було зареєстровано нами в зимовий період. Пік чисельності грака у селах припадає на гніздовий та післягніздовий періоди, а у містах – на зимовий та період весняної міграції.

У гніздовий період для міст характерна невисока щільність населення сірої ворони, а в селах, навпаки, щільність ворони у гніздовий період більша, ніж в осінньо-зимовий.

В цілому, при переході від менш урбанізованих до більш урбанізованих ландшафтів чисельність сорок зростає. Найбільшу середню щільність сороки відмічено у м. Житомирі.

Загалом, щільність населення галки зростає при переході до більш урбанізованих територій; виключенням з загальної тенденції є середні села, де щільність галки досить висока. Для галки характерною є виражена динаміка чисельності за основними періодами року, найвища щільність цих птахів в населених пунктах, особливо у містах, спостерігається взимку. Пік чисельності галки у містах та селищах міського типу припадає на зимові місяці, а в селах – на

гніздовий та післягніздовий періоди.

Найбільша середня щільність сойки характерна для малих сіл, найменша – для середніх міст. Найбільше значення середньої щільності було зареєстровано нами у післягніздовий період. У містах області щільність сойки в зимовий період, порівняно з гніздовим періодом, значно вища, а в селах – навпаки.

Найбільша середня щільність крука зареєстрована нами в малих селах, а найменша – у селищах міського типу. Для всіх типів населених пунктів найвища щільність круків характерна для зимового періоду

Список літератури

1. Мухаметзянова Л. К. Пространственное распределение и особенности экологии грача (*Corvus frugilegus*) в Республике Татарстан: автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.16 “Экология” / Л. К. Мухаметзянова. - Казань: Казанский гос. пед. ун-т, 2004. – С. 1–22.
2. Табачишин В. Г. Структура эколого-фаунистических комплексов населения птиц г. Саратова / В. Г. Табачишин, Е. В. Завьялов, Г. В. Шляхтин, А. В. Лобанов, Т. А. Капранова // Беркут. – 1992. – Т. 5, вып. 1. – С. 5–20.
3. Рахимов И. И. Авифауна Среднего Поволжья в условиях антропогенной трансформации естественных природных ландшафтов / И. И. Рахимов. - Казань: Новое знание, 2002. – С. 1 - 272.
4. Luniak M. Synurbization – adaptation of animal wildlife to urban development / M. Luniak // Proceed. 4 Int. Urban Wildlife Symp, 2004. – P. 50–55.
5. Andersen L. Siedlungsdichte, ReviergroSSe und Bruterfolg von Rabenkrahen (*Corvus corone* L.) in der GroSStadlandschaft Hamburgs / L. Andersen, H. Hoerschelmann // Hamburg. Avifaun. Beitr, 1996. – Vol. 28. – P. 17–42.
6. McGowan K. J. Demographic and behavioral comparisons of suburban and rural American Crows. In *Avian ecology and conservation in an urbanizing world* (J. M. Marzluff, R. Bowman, R. Donnelly) / K. J. McGowan. – Norwell: Kluwer Academic Press, 2001. – P. 365 – 381.
7. Корбут В. В. Синантропизация и урбанизация птиц – мифы и реалии / В. В. Корбут // Экология, эволюция и систематика животных: матер. конф. – Рязань, 2009. – С. 89 – 90.
8. Надточій Г. С. Адаптації птахів до урбанізованого ландшафту. Урбанізація як фактор змін біогеоценотичного покриву / Г. С. Надточій, С. К. Зіоменко, А. Б. Чачплигіна. - Львів: НВТ Академічний Експрес, 1994. – С. 51–52.
9. Константинов В. М. Серая ворона (*Corvus cornix* L.) в антропогенных ландшафтах Палеарктики (проблемы синантропизации и урбанизации) / В. М. Константинов, В. А. Пономарев, Л. Н. Воронов, З. А. Зорина, Д. А. Краснобаев. – М.: МПГУ, 2007. – С. 1–368.
10. Егорова Г. В. Фауна и население врановых птиц городов Мещерской низменности / Г. В. Егорова, А. В. Малярова, В. В. Бекетова. // Врановые птицы: экология, поведение, фольклор: сб. науч. труд. – Саранск, 2002. – С. 23–28.
11. Зорина З. А. Когнитивные способности врановых птиц / З. А. Зорина, О. Ф. Лазарева, Е. В. Мандриков // Врановые птицы: экология, поведение, фольклор: сб. науч. трудов. – Саранск, 2002. – С. 29–40.
12. Гаврилов В. М. Сравнительная энергетика воробьиных и неворобьиных птиц: предельные размеры, энергетическая мощность, экологические следствия / В. М. Гаврилов // Орнитология. – 2004. – Том 31. – С. 92–107.
13. Кошечев И. А. Динамика населения врановых птиц в осенне-зимний период в городе Алатыре / И. А. Кошечев // Науч. труды гос. природного заповедника “Присурский”. – 2001. – Том. 4. – С. 63–66.
14. Воронцова М. С. Динамика населения и поведение врановых птиц в урбанизированных ландшафтах северо-западной части России: автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.08 “Зоология”. / М. С. Воронцова. – Псков: Псковский гос. пед. ун-т, 2009. – С. 1–16.
15. Динкевич М. А. Хронология заселения врановыми г. Краснодара (исторический аспект урбанизации видов) / М. А. Динкевич // Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах: Сб. мат. VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2007. – С. 14–17.

16. Логинов С. Б. Численность и размещение врановых птиц в городе Твери / С. Б. Логинов // Весник ТвГУ. Серия Биология. – 2008. – Том 7. – С. 89–95.
17. Краснобаев Д. А. Современная динамика фауны и населения врановых птиц антропогенных ландшафтов центрального района европейской России и тенденции дальнейших изменений / Д. А. Краснобаев, В. М. Константинов // Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах: Сб. мат. VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2007. – С. 17–21.
18. Ільїнський С. В. Поширення й біотопний розподіл грака *Corvus frugilegus* L. і сороки *Pica pica* L. у м. Хмельницький (гніздовий період) / С. В. Ільїнський // Науковий вісник Ужгородського університету. – 2008. – Том 23. – С. 47–53.
19. Ільїнський С. В. Поширення і просторовий розподіл поселень галки *Corvus monedula* у місті Хмельницький в гніздовий період / С. В. Ільїнський // 36. наук. праць Харківського нац. пед. ун-ту ім. Сковороди. Біологія та валеологія. – 2009. – Том 11. – С. 36–41.
20. Яніш Є. Ю. Щільність популяцій граків на території України (за результатами анкетного та маршрутного методів дослідження у 1989 – 2007 рр.) / Є. Ю. Яніш // Тваринництво в Україні. – 2008. – Вып. 2. – С. 9–13.
21. Брезгунова О. О. Колективні ночівлі воронових птахів: розподіл, типи організації та стратегії поведінки (на прикладі м. Харкова): автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. біол. наук. 03.00.08 “Зоологія”. / О. О. Брезгунова. – Київ: Ін-т зоології ім. І. І. Шмальгаузена, 2008. – С. 1–16.
22. Дзизюк А. И. Сравнение гнездового распределения грача и сороки в городах Запорожье и Хмельницкий / А. И. Дзизюк, А. В. Войтович // Мат. III конф. молодых орнитологов Украины. – Чернівці, 1998. – С. 43–48.
23. Кузьменко Л. П. Орнітофауна антропогенних екосистем північного Лівобережжя України (на прикладі Чернігівської області): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук. 03.00.08 “Зоологія” / Л. П. Кузьменко. – Київ: Ін-т зоології ім. І. І. Шмальгаузена, 2000. – С. 1–18.
24. Лопарев С. А. Численность и распределение галки (*Corvus monedula* L.) в лесостепной зоне Центра Украины / С. А. Лопарев, Е. Ю. Яніш // Врановые птицы Северной Евразии: Мат. IX междунар. конф. - Омск, 2010. – С. 81–84.
25. Лопарев С. О. Орнітофауна населених пунктів Центру України та її зміни: дис. канд. біол. наук: 03.00.08 “Зоологія” / С. О. Лопарев. – Київ, 1996. – С. 1–348.
26. Сенник М. А. Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах / М. А. Сенник // Сб. мат. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Ставрополь, 2007. – С. 143 – 147.
27. Шевцов А. О. Грак у місті Олександрії / А. О. Шевцов // Беркут. – 2001. – Т. 10, вип. 2. – С. 226 – 230.
28. Яніш Є. Ю. Сучасний стан популяцій воронових птахів (родина *Corvidae*) на території Лісостепу України: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. біол. наук: 03.00.08 “Зоологія”. / Є. Ю. Яніш. - Київ: Ін-т зоології ім. І. І. Шмальгаузена. 2011. – С. 1–18.
29. Фесенко Г. В. Птахи фауни України: польовий визначник / Г. В. Фесенко, А. А. Бокотей. - Київ, 2002. – С. 1–416.
30. Бокотей А. А. Структура методичних підходів до вивчення населення птахів урболандшафтів (на прикладі м. Львова) – ІВА програма “Обліки птахів: підходи, методики, результати”. / А. А. Бокотей. – Київ; Львів, 1993. – С. 58–62.
31. Козлов Н. А. Птицы Новосибирска (пространственно-временная организация населения). / Н. А. Козлов. - Новосибирск: Наука, 1988. – С. 1–156.
32. Равкин Е. С. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц / Е. С. Равкин, Н. Г. Челинцев. – Москва, 1990. – С. 1–33.
33. Bibby C.J. Bird census techniques / C. J. Bibby, N. D. Burgess, D. A. Hill. – Academic Press, London, 2002. – P. 1–357.
34. Гузий А. И. Методы учета птиц в лесах. Обліки птахів: підходи, методики, результати: ІВІ програма. / А. И. Гузий. – Львів; Київ, 1993. – С. 18 – 58.
35. Полуда А. М. Особенности пространственно-временного распределения грачей (*Corvus frugilegus*), связанных с территорией Украины / А. М. Полуда, С. В. Цуканова // Бранта. – 2012. – Том 15. – С. 103–120.
36. Константинов В. М. Экология некоторых синантропных врановых птиц: автореф. дисс. на соиск. науч. степ. канд. биол. наук / В. М. Константинов. – М.: МГПИ, 1971. – С. 1–33.

37. Лыков Е. Л. Зависимость степени урбанизации территории на размещение и плотность населения гнездящихся врановых птиц в Калининграде / Е. Л. Лыков // Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах: мат. междунар. конф. Москва; Ставрополь, 2007. – С. 72–74.

Мацюра А.В. Особенности пространственного и сезонного распределения Врановых птиц в условиях трансформированных ландшафтов Житомирской области / А. В. Мацюра, А. А. Зимароева // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2015 – Том 1 (67), № 1. – С. 78–99.

В течение 2009–2012 гг. было проведено исследование пространственного распределения наиболее типичных врановых птиц в Житомирской области относительно градиента антропогенной нагрузки и сезонов года.

С увеличением градиента антропогенной нагрузки плотность грача растет, что свидетельствует о высоком уровне синантропизации грача в Житомирской области. Наибольшая плотность грачей в селах была отмечена в гнездовой и послегнездовой периоды, а в городах – в период зимовки и весенней миграции. В гнездовой период в городах была зарегистрирована низкая плотность серой вороны, в селах плотность вороны в гнездовой период была больше, чем в период осенних миграций и зимовок.

При переходе от менее к более урбанизированным ландшафтам плотность населения сороки возрастает. Плотность населения галки возрастает при переходе к более урбанизированным территориям; исключением из общей тенденции являются средние села, где плотность галки достаточно высока. Максимальная плотность галки в городах и поселках городского типа приходится на зимние месяцы, а в селах – на гнездовой и послегнездовой периоды.

Наибольшая плотность сойки характерна для малых сел, наименьшая – для средних городов. Наибольшее значение плотности было зарегистрировано нами в послегнездовой период. В городах области плотность сойки в зимний период, по сравнению с гнездовым периодом, значительно выше, а в селах - наоборот. Наибольшая плотность вороны зарегистрирована нами в малых селах, а наименьшая - в поселках городского типа. Для всех типов населенных пунктов самая высокая плотность вороны была отмечена в зимний период.

Ключевые слова: Врановые птицы, пространственное распределение, сезонное распределение, Житомир, Украина.

SPATIAL AND SEASONAL DISTRIBUTION OF CORVIDAE IN TRANSFORMED LANDSCAPES OF ZHYTOMYR AREA

Matsyura O. V.¹, Zimaroyeva A. A.²

¹ *Altai State University, Barnaul, Russia*

² *Zhytomir National Agrotechnological University, Zhytomir, Ukraine*

Email: amatsyura@gmail.com

The spatial distribution and abundance of Corvidae species was studied in Zhytomyr area with accent of rural and urban differences in studied parameters. We selected Rook (*Corvus frugilegus* L.), Eurasian Jackdaw (*Corvus monedula* L.), Hooded Crow (*Corvus cornix* L.), Eurasian Magpie (*Pica pica* L.), Eurasian Jay (*Garrulus glandarius* L.), and Common Raven (*Corvus corax* L.). All observations were made during 2009–2012. During the study period some 38 survey paths of more than 8000 km were surveyed in 21 settlements of Zhytomyr area, among them 13 were in Zhytomyr city.

The aim of our study was to establish the density of Corvidae at different seasons in the settlements of Zhytomyr area along rural-urban gradient. The average density of Rook

was 55.9 individuals/km² ($n = 2924$, $SD = 94.2$). We founded strong correlation ($p \leq 0.05$) between Rook density and rural-urban gradient and surveyed that the number of wintering Rooks in cities significantly increased. The peak number of Rooks in villages registered in breeding and post-breeding season while in the cities it was high in winter and during the spring migration.

Rooks were the absolute dominant among wintering Corvidae at waste grounded during the whole research period.

The average density of Eurasian Magpie in study area was 8.7 birds/km² ($n = 2919$, $SD = 11.2$) and had weak correlation with urban-rural gradient (correlation coefficient 0.18, $p \leq 0.05$, $F = 20.1$). The density of Eurasian Magpies in urban areas significantly differs only from the density of birds in villages with a population of ca. 1000 people ($p \leq 0.05$). We also registered that the average number of magpies almost does not change during the seasons. The maximum urban and rural density was in winter and summer period. The Magpies density varied insignificantly ($p > 0.05$, $F = 0.58$) in narrow range within three years of research, remaining relatively stable, which suggests that the species successfully adjust to the transformed landscapes condition.

The urban-rural gradient significantly affects the density of Hooded Crow ($p \leq 0.05$, $F = 29.2$). The average density of birds in towns was 6.6 per km². Linear relationship between urban-rural gradient and the bird density was rather weak (correlation coefficient 0.23, $p \leq 0.05$). In breeding period the urban birds had low density and rural crows on the contrary had high density; the density of crows in nesting period was greater than in autumn and winter, due to the distribution of birds to their breeding plots and starting of the reproductive cycle. We are not able to determine the population trends from three years of research, but we registered that the average density of Hooded Crow changed insignificantly ($p > 0.05$) but it gradually grew over the years.

The average density of Eurasian Jackdaw was 9.7 per km² ($n = 2921$, $SD = 21.9$) and the rural-urban gradient significantly affected the number of birds ($p \leq 0.05$, $F = 28.4$). For jackdaws we registered high annual population dynamics. The season significantly affected the population density of Eurasian Jackdaw ($p \leq 0.05$, $F = 18.7$), although there were certain differences in seasonal dynamics in various types of settlements. Thus, the peak number of birds was observed in winter period in cities and small towns and in villages it was registered in breeding and post-breeding season. The density of Eurasian Jackdaw has changed significantly in three years of research ($p \leq 0.05$, $F = 4.8$).

Eurasian Jay average density was 2.4 per km² ($n = 2922$, $SD = 5.3$) and varied significantly in different settlements ($p \leq 0.05$, $F = 15.9$), although the fluctuation range was small (from 0.1 to 9.3 birds per km²). We fixed the breeding expansion of Eurasian Jay in recent years i.e. the birds began to nest in old urban neighborhoods and central small parks of Zhytomyr. However, the number of this species naturally decreases along the gradient of landscape transformation.

The impact of urban-rural gradient on Eurasian Jay density was significant ($p \leq 0.05$, $F = 17.1$) but the correlation was weak ($r = -0.16$, $p \leq 0.05$). The highest average density was typical in small villages (4.9 birds per km²) and the lowest was founded in medium-sized cities (1.5 birds per km²). Jays seasonal density varied significantly ($p \leq 0.05$, $F = 3.5$) and the greatest value was registered in post-breeding period. We have identified

certain patterns in Eurasian Jay seasonal dynamics towards the type of settlement. In urban area the bird density was much higher in winter compared to the nesting period, and in villages we observed the controversial situation. The number of Eurasian Jays remained almost stable in all the settlements of the region during the study period indicating the stability of local populations.

The average density of Common Raven was 1.3 per km² (n = 2682, SD = 3.7). The highest density was registered in small villages and was 2.2 per km², and the smallest one in the village towns (0.6 birds per km²). The urban-rural gradient significantly affected the spatial distribution of Common Raven ($p \leq 0.05$, $F = 6.3$), but we cannot state that this bird increased or decreased its number along the gradient of urbanization, since the value of this indicator also depended on habitat conditions in specific settlement. The spatial distribution of Common Raven varied seasonally ($p \leq 0.05$, $F = 8.4$) and the highest density was typical in winter due to food migrations towards human settlements.

Key words: Corvidae, spatial distribution, seasonal distribution, Zhytomyr, Ukraine.

References

1. Muhametdzhanova L. K. *Prostranstvennoe raspredelenye y osobennosti ekologyy gracha (Corvus frugilegus) v Respublyke Tatarstan*: avtoref. dys. na soysk. nauch. stepeny kand. byol. nauk : spec. 03.00.16 "Ekologiya". (Kazan': Kazanskyj gosudarstvennyi pedagogicheskiy universitet, 2004). P. 1.
2. Tabachyshyn V. G., Zav'jalov E. V., Shljahtyn G. V., Lobanov A. V., Kapranova T. A. Struktura ekologo-faunystycheskyh kompleksov naselenija ptyc Saratova. *Berkut*, **5** (1), 5 (1991).
3. Rahymov Y. Y. *Avyfauna Srednego Povolzh'ja v uslovyjah antropogennoj transformacyy estestvennyh pryrodnyh landshaftov*. (Kazan': Novoe znanye, 2000).
4. Luniak M. *Synurbization – adaptation of animal wildlife to urban development*. Proceed. 4 Int. Urban Wildlife Symp (2004). P. 50.
5. Andersen L., Hoerschelmann H. Siedlungsdichte, ReviergroSse und Bruterfolg von Rabenkrahen (Corvus corone L.) in der GroSSstadlandschaft Hamburgs. *Hamburg. Avifaun. Beitr*, **28**, 17 (1996).
6. McGowan K. J. *Demographic and behavioral comparisons of suburban and rural American Crows*. In Avian ecology and conservation in an urbanizing world (J. M. Marzluff, R. Bowman, R. Donnelly, Eds). (Norwell: Kluwer Academic Press, 2001).
7. Korbut V. V. *Synantropyzacija y urbanyzacija ptyc – myfy y realyy - Ekologiya, evoljucija y systematyka zhyvotnyh*: mater. konf. (Rjazan', 2009). P. 89.
8. Nadtochij G. S., Ziomenko S. K., Chaplygina A. B. *Adaptacii' ptahiv do urbanizovanogo landshaftu - Urbanizacija jak faktor zmin biogeocenotychnogo pokryvu*. (L'viv: NVT Akademichnyj Ekspres, 1994).
9. Konstantynov V.M., Ponomarev V.A., Voronov L.N., Zoryna Z.A., Krasnobaev D.A. *Seraja vorona (Corvus cornix L.) v antropogenykh landshaftah Palearkytyky (problemy synantropyzacyy y urbanyzacyy)*. (M.: MPGU, 2007).
10. Egorova G. V., Maljarova A. V., Beketova V. V. *Fauna y naselenye vranovykh ptyc gorodov Meshherskoj nyzmennosti - Vranovye ptycy: ekologiya, povedenye, fol'klor: sb. nauch. trud.* (Saransk, 2002). P. 23.
11. Zoryna Z. A., Lazareva O. F., Mandrykov E. V. *Kognityvnye sposobnosti vranovykh ptyc - Vranovye ptycy: ekologiya, povedenye, fol'klor: sb. nauch. trudov.* (Saransk, 2002). P. 29.
12. Gavrylov V. M. Sravnytel'naja energetyka vorob'nykh i nevorob'nykh ptyc: predel'nye razmery, energetycheskaja moshhnost', ekologycheskye sledstvyja. *Ornytologija*, **31**, 92 (2004).
13. Koshheev Y. A. *Dynamyka naselenija vranovykh ptyc v osenne-zymnyj peryod v gorode Alatyre*. Nauch. trudy gos. pryrodnogo zapovednyka "Prysur'skiy". (Cheboksary, 2003). P. 63.
14. Voroncova M. S. *Dynamyka naselenija y povedenye vranovykh ptyc v urbanyzovannykh landshaftah severo-zapadnoj chasty Rossyy*: avtoref. dyss. na soyskanye nauch. stepeny kand. byol. nauk : spec. 03.00.08 "Zoologiya". (Pskov: Pskovskij gos. ped. Universitet, 2009). P. 1.
15. Dynkevych M. A. *Hronologija zaselenija vranovymy g. Krasnodara (ystorycheskiy aspekt urbanyzacyy vydov. Ekologija vranovykh v estestvennykh y antropogenykh landshaftah*: Sb. mat. VIII Mezhdunar.

- nauch.-prakt. konf. (Stavropol, 1998). P. 14.
16. Logynov S. B. Chyslennost' y rozmeshhenye vranovyh ptyc v gorode Tvery. *Vesnyk TvGU. Seryja Byologija*, **7**, 89 (2008).
 17. Krasnobaev D. A., Konstantynov V. M. *Sovremennaja dynamyka fauny y naselenija vranovyh ptyc antropogennyh landshaftov central'nogo rajona evropejskoj Rossyy y tendencyi dal'nejshyh yzmenenij - Ekologija vranovyh v estestvennyh y antropogennyh landshaftah*: Sb. mat. VIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Stavropol', 2007). P. 17.
 18. Il'ins'kyj S. V. Poshyrennja j biotopnyj rozpodil graka *Corvus frugilegus* L. i soroky *Pica pica* L. u m. Hmel'nyckyj (gnizdovyj period). *Naukovyj visnyk Uzhgorod'skogo universytetu*, **23**, 47 (2008).
 19. Il'ins'kyj S. V. Poshyrennja i prostorovyj rozpodil poselen' galky *Corvus monedula* u misti Hmel'nyckyj v gnizdovyj period. *Zb. nauk. prac' Harkivs'kogo nac. ped. un-tu im. Skovorody. Biologija ta valeologija*, **11**, 36 (2009).
 20. Janish Je. Ju. Shhil'nist' populjacij grakiv na terytorii' Ukraïny (za rezul'tatamy anketnogo ta marshrutnogo metodiv doslidzhennja u 1989 – 2007). *Tvarynyctvo v Ukraïni*, **2**, 9 (2008).
 21. Brezgunova O. O. *Kolektyvni nochivli voronovyh ptahiv: rozpodil, typy organizacii ta strategii povedinky (na prykladi m. Harkova)*: avtoref. dys. na zdob. nauk. stupenja kand. biol. nauk. 03.00.08 "Zoologija". (Kyïv: In-t zoologii' im. I. I. Shmal'gauzena, 2008). P. 1.
 22. Dzyzjuk A. Y., Vojtovych A. V. *Sravnjenje gnezdovogo raspredelenija gracha y soroky v gorodah Zaporozh'e y Hmel'nyckyj*. Mat. III konf. molodyh ornitologiv Ukraïny. (Chernivci, 1998). P. 43.
 23. Kuz'menko L. P. *Ornitofauna antropogennyh ekosystem pivnichnogo Livoberezhzha Ukraïny (na prykladi Chernigivs'koi' oblasti)*: avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja kand. biol. nauk. 03.00.08 "Zoologija". (Kyïv: In-t zoologii' im. I. I. Shmal'gauzena, 2000). P. 1.
 24. Loparev S. A., Janysh E. Ju. *Chyslennost' y raspredelenje galky (Corvus monedula L.) v lesostepnoj zone Centra Ukrayny. Vranovyje ptycy Severnoj Evrazyy*: Mat. mezhdunar. konf. (Omsk, 2010). P. 81.
 25. Loparev S. O. *Ornitofauna naseleennyh punktiv Centru Ukraïny ta i'i' zminy*: dys. kand. biol. nauk: 03.00.08 "Zoologija". (Kyïv, 1996). P. 1.
 26. Senyk M. A. *Ekologija vranovyh v estestvennyh y antropogennyh landshaftah*: Sb. mat. VIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Stavropol', 2007). P. 143.
 27. Shevcov A. O. Grak u misti Oleksandrii'. *Berkut*, **10** (2), 226 (2001).
 28. Janish Je. Ju. *Suchasnyj stan populjacij voronovyh ptahiv (rodyna Corvidae) na terytorii' Lisostepu Ukraïny*: avtoref. dys. na zdob. nauk. stup. kand. biol. nauk: 03.00.08 "Zoologija". (Kyïv: Institut zoologii' im. I. I. Shmal'gauzena, 2011). P. 1.
 29. Fesenko G. V., Bokotej A. A. *Ptahy fauny Ukraïny: pol'ovyj vyznachnyk*. (Kyïv, 2002).
 30. Bokotej A. A. *Struktura metodychnyh pidhodiv do vyvchennja naseleennja ptahiv urbolandshaftiv (na prykladi m. L'vova) - IVA programa "Obliky ptahiv: pidhody, metodyky, rezul'taty"*. (Kyïv; L'viv, 1993).
 31. Kozlov N. A. *Ptycy Novosybyrska (prostranstvenno-vremennaja organizacija naseleennja)*. (Novosybyrsk: Nauka, 1988).
 32. Ravkyn E. S., Chelyncev N. G. *Metodycheskye rekomendacyi po kompleksnomu marshrutnomu uchetu ptyc*. (Moskva, 1990).
 33. Bibby C.J., Burgess N.D., Hill D.A. *Bird census techniques*. Academic Press, London, 2002.
 34. Guzyj A. Y. *Metody ucheta ptyc v lesah - Obliky ptahiv: pidhody, metodyky, rezul'taty: IBI programa*. (L'viv; Kyïv, 1993).
 35. Poluda A. M., Cukanova S. V. Osobennosti prostranstvenno-vremennogo raspredelenija grachej (*Corvus frugilegus*), svjazannyh s terrytoriej Ukraïny. *Branta*, **15**, 103 (2012).
 36. Konstantynov V. M. *Ekologija nekotoryh synantropnyh vranovyh ptyc*: avtoref. diss. na soysk. nauch. step. kand. byol. nauk. (M.: MGPY, 1971).
 37. Lykov E. L. *Zavysymost' stepeny urbanyzacyi terrytorij na rozmeshhenje y plotnost' naseleennja gnezdjashhyhsja vranovyh ptyc v Kalynyngrade - Ekologija vranovyh v estestvennyh y antropogennyh landshaftah*: mat. mezhdunar. konf. (Moskva; Stavropol', 2007). P. 72.

Поступила в редакцию 17.10.2015 г.

УДК 796.342–053.4

УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА, ЗАНИМАЮЩИХСЯ БОЛЬШИМ ТЕННИСОМ

Нагаева Е. И., Черный С. В., Мишин Н. П., Пресняков В. А.

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым,
Россия
E-mail: enagaeva75@mail.ru*

Статья рассматривает влияние систематических занятий теннисом на функциональное состояние и уровень физической работоспособности у мальчиков 6 лет. Исследование выявило, что занятия большим теннисом положительно влияют на развитие силовых способностей и общее физическое развитие детей дошкольного возраста.

Ключевые слова: большой теннис, дошкольный возраст, физическое развитие, силовые способности, физическая работоспособность.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из приоритетных направлений развития современного тенниса является спорт для детей [1–3]. Современный теннис – атлетический вид спорта, предъявляющий высокие требования к уровню физического развития ребенка, а всесторонняя физическая подготовка является необходимым условием для достижения высоких спортивных результатов [4].

Вместе с тем практически отсутствуют экспериментальные работы, связанные с изучением влияния на организм дошкольника таких видов спортивной деятельности как большой теннис. Очевидно, что только детальное исследование особенностей реакций детского организма на систематические занятия теннисом способны стать основой для создания наиболее эффективной программы тренировочных занятий по данному виду спорта для детей дошкольного и школьного возраста [5–8]. Исследования в области онтогенеза скоростных и силовых способностей и физического развития детей дошкольного возраста показывают, что проблема физических способностей – одна из наиболее значимых в физиологии физического воспитания и спорта [9, 10]. Вот почему исследования, посвященные изучению этой проблемы, несомненно, актуальны и своевременны как с теоретической, так и с практической точек зрения. В связи с вышесказанным, целью нашего исследования было изучение влияния систематических занятий теннисом на функциональное состояние и уровень физической работоспособности мальчиков и девочек дошкольного возраста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследования дошкольников производилось в апреле 2015 года на базе СИТЕК–Динамо г. Симферополя. Обследованы 2 группы по 15 детей: В группу 1 вошли дети в возрасте $6,02 \pm 0,30$ лет, занимающиеся большим теннисом по программе «Tennis 10s» в течение одного года. Группу 2 составили дети в возрасте $6,03 \pm 0,20$ лет, занимающиеся большим теннисом по этой же программе в течение двух лет. Исследовали: физическое развитие (рост, вес); силовые характеристики («взрывная» сила мышц ног – бег на 30 метров, прыжок вверх из исходного положения, стоя боком к стене с нанесением двух отметок вытянутой рукой на стене до и во время прыжка; максимальная сила мышц сгибателей кисти); скоростные характеристики (латентные периоды зрительно-моторной и аудио-моторной реакции). Для оценки координационных способностей использовали пробу Ромберга, для оценки уровня физической работоспособности – пробу Руфье.

Для математической обработки фактического материала использовались пакет программ STATISTICA 5.0. Для анализа полученных данных применялись стандартные методы вариационной статистики: мерами центральных тенденций, иллюстрирующими выраженность исследуемых признаков, выступали значения среднего и стандартной ошибки среднего. Нормальность распределения данных определялась с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Для выявления межгрупповых различий применяли критерий Стьюдента для независимых выборок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования были выявлены межгрупповые различия исследуемых показателей, значения которых представлены в таблице 1.

Различия в показателях «взрывной» силы в показателях бега на 30 метров между исследуемыми группами выявлены не были. В группе 1 данный показатель составил $9,08 \pm 0,44$ с, а в группе 2 – $8,49 \pm 0,29$ с. Относительные различия в выраженности данного показателя составили 6,9%.

Также были выявлены статистически значимые ($p < 0,01$) межгрупповые различия в показателях прыжка вверх. В группе 1 данный показатель составил $16,7 \pm 0,88$ см., а в группе 2, соответственно, $22,7 \pm 1,22$ см. Таким образом, разница в выраженности данного показателя между группами составила 26,4 %.

Показатели кистевой динамометрии также имели статистически значимые ($p < 0,05$) межгрупповые различия. Так, в группе 1 средний показатель кистевой динамометрии составил $7,4 \pm 0,69$ кг, а в группе 2 этот показатель был выше на 29 % и составил $9,6 \pm 0,65$ кг.

Таким образом, анализ межгрупповых различий показателей «взрывной» силы свидетельствует о ее статистически значимых различиях по показателям прыжка вверх и кистевой динамометрии у исследуемых 2 группы.

Для исследования функционального состояния нервно-мышечного аппарата оценивался латентный период зрительно-моторной и аудио-моторной реакций на световой и звуковой стимулы с помощью хронорефлексометра. Оценивался средний

результат пяти попыток на каждый из видов стимулов. У исследуемых 1 группы средний латентный период зрительно-моторной реакции составил $0,39 \pm 0,04$ с, а у исследуемых 2 группы он составил $0,25 \pm 0,02$ с, что показано в таблице 1 и на рисунке 1. Таким образом, латентный период зрительно-моторной реакции у исследуемых 2 группы был меньшим на 56 % ($p < 0,05$).

Таблица 1.
Достоверность различий исследуемых показателей между группами детей дошкольного возраста 1-го года и 2-го года обучения большому теннису.

Пробы	Группа 1 года обучения $X \pm Sx$	Группа 2 года обучения $X \pm Sx$	p
Бег 30м (с)	$9,08 \pm 0,44$	$8,49 \pm 0,29$	0,35271
Прыжок (см)	$16,7 \pm 0,88$	$22,7 \pm 1,22$	0,00075
Динамометрия (кг)	$7,4 \pm 0,69$	$9,6 \pm 0,65$	0,0433
Реакция зрительная (с)	$0,39 \pm 0,04$	$0,25 \pm 0,02$	0,0011
Реакция слуховая (с)	$0,32 \pm 0,03$	$0,24 \pm 0,02$	0,0355
Проба Ромберга (с)	$6,4 \pm 0,92$	$9,6 \pm 0,54$	0,0147
Индекс Руфье	$10,32 \pm 0,37$	$8,36 \pm 0,23$	0,0007

Примечание: Показаны значения среднего (X) и стандартной ошибки среднего (Sx). Статистически значимые различия (p) выделены полужирным шрифтом.

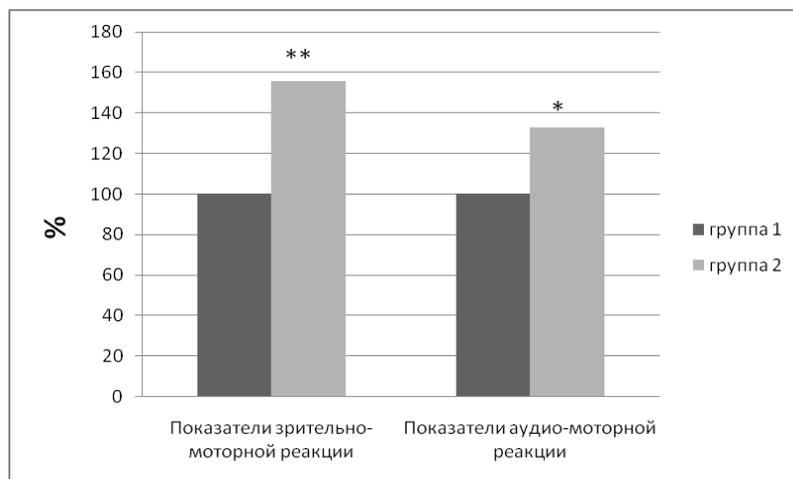


Рис. 1. Показатели простой зрительно-моторной и аудио-моторной реакции, выраженные в процентах, у исследуемых 1 и 2 группы (* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$). За 100 % приняты значения показателей группы 1.

Средние значения латентного периода простой аудио-моторной реакции у исследуемых 1 группы составили $0,32 \pm 0,03$ с, а у исследуемых 2 группы $0,24 \pm 0,02$ с. (табл. 1, рис. 1). Различия в показателях латентного периода простой аудио-моторной реакции были статистически значимыми ($p < 0,01$) и выявили более высокую скорость реакции (меньший латентный период) у исследуемых 2 группы. Межгрупповые различия в значениях данного показателя составили 33 %.

Таким образом, показатели латентного периода простой рефлекторной реакции как на зрительный, так и на звуковой раздражители у исследуемых 2 группы были меньшими на 56 % и 33 % соответственно.

Для оценки координационной функции нервной системы использовали пробу Ромберга. Показатели данной пробы показаны в таблице 1 и на рисунке 2. Отмечено, что у исследуемых 1 группы показатель данной пробы составили $6,4 \pm 0,92$ с., а у исследуемых 2 группы были статистически значимо ($p < 0,05$) выше и составил $9,6 \pm 0,54$ с. Таким образом, показатель данной пробы у исследуемых 2 группы был выше на 33 %.

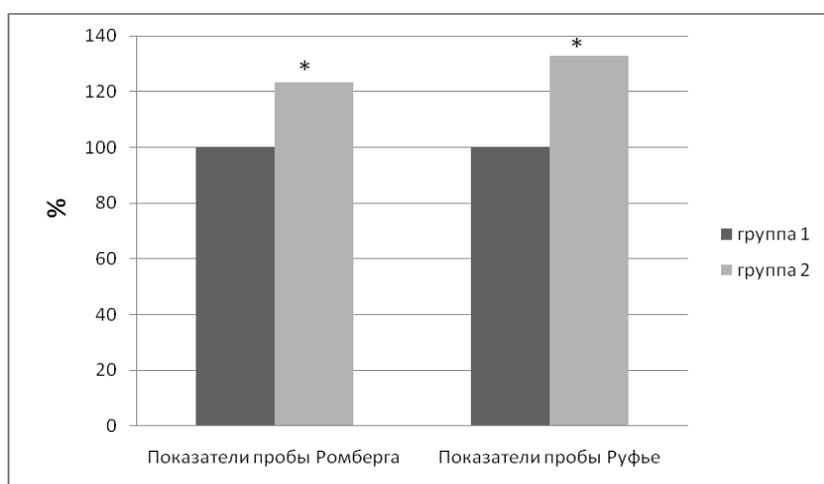


Рис. 2. Показатели пробы Ромберга и пробы Руфье, выраженные в процентах, у исследуемых 1 и 2 группы (* – $p < 0,05$). За 100 % приняты значения показателей группы 1.

Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы и определения уровня физической работоспособности у представителей исследуемых групп использовали пробу Руфье. Анализировали межгрупповые различия в показателях индекса данной пробы. Исследуемые показатели представлены в таблице 1 и на рисунке 2. У 7 исследуемых 1 группы значения индекса Руфье варьировали в пределах от 8 до 10 баллов, что соответствует удовлетворительному уровню работоспособности, У остальных 8 исследуемых 1 группы значения данного показателя превышали 10 баллов, что соответствует слабому уровню физической работоспособности. В группе 2 индекс Руфье у всех исследуемых не превышал 9,4

балла, что соответствует удовлетворительному уровню физической работоспособности.

Таким образом, уровень развития физической работоспособности, показанный значениями индекса пробы Руфье, был статистически значимо ($p < 0,05$) выше на 23,4 % у исследуемых 2 группы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сравнение полученных результатов в исследуемых группах выявило, что у исследуемых 2 группы показатели силовых способностей, таких как динамометрия и прыжок вверх, достоверно увеличились на 29 % и 26,4 % соответственно. Показатели латентных периодов зрительно-моторной реакции были меньше на 56 %, а показатели аудио-моторной реакции – на 33 %. Координационные способности (показатели пробы Ромберга) были выше на 33 %, а показатель физической работоспособности (значения индекса Руфье) – выше на 23,4 %.
2. Таким образом, занятия большим теннисом по программе «Tennis 10s» положительно влияют на развитие силовых способностей и общее физическое развитие детей дошкольного возраста, занимающихся большим теннисом.

Список литературы

1. Bollettieri N. The 5 keys to tennis / N. Bollettieri, B. Hobden, P. Gonzales. – New York, 1991. – 168 p.
2. Groppe Y. Science of coaching tennis / Y. Groppe, Y. Loer, S. Melville, A. Quin. - Champaign, Illinois Leisure Press, 1998. – 246 p.
3. International Tennis Federation: program "Play and Stay" and its new program Tennis 10s, available at: <http://www.stennis.ru/10s>. (accessed 01 November 2011).
4. Губа В. П. Особенности подготовки юных теннисистов / В. П. Губа, Ш. А. Тарпищев, А. Б. Самойлов. – М.: СпортАкадемПрес, 2003. – 132 с.
5. Журавлева А. Ю. Влияние занятий теннисом на физическое развитие детей дошкольного возраста / А. Ю. Журавлева // Физическая культура. – 2011. – №6. – С42–44.
6. Иванова Т. С. Организационно-методические основы подготовки юных теннисистов: учеб. пособие для вузов / Т. С. Иванова. – Москва: Физическая культура, 2007. – 128 с.
7. Иванова Г. П. Трехуровневая система начальной подготовки детей в теннисе / Г. П. Иванова, Ч. Сяоюань, В. В. Плотников // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2012.– № 6 (88). – С. 43–47.
8. Бабий В. Г. Влияние систематических занятий большим теннисом на уровень физической работоспособности и функционального состояния организма мальчиков и девочек 12-14 лет / В. Г. Бабий, Н. В. Маликов // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2008.– № 10. – С. 16–20.
9. Высочин Ю. В. Физическое развитие и здоровье детей / Ю.В. Высочин, В.И. Шапошников // Физическая культура в школе.– 1999. – №3.– С 69–82.
10. Бальсевич В. К. Онтокинезиология человека: монография / В. К. Бальсевич. – М.: Теория и практика физической культуры, 2000. – 275 с.

THE DEVELOPMENT LEVEL OF SOME PHYSICAL QUALITIES IN CHILDREN OF PRESCHOOL AGE PLAYING TENNIS

Nagaeva E. I., Cherniy S. V., Mishin N. P., Presniakov V. A.

V.I. Vernadsky's Crimean Federal University, Simferopol, Russia

E-mail: enagaeva75@mail.ru

Among the priorities in the modern tennis development is providing the sports for children. However there are very few experimental studies aimed at analyzing the impact of playing tennis on the young organism. It is obvious that only the detailed study of the young organism reactions on regular tennis practice can become the basis for the elaboration of the most efficient tennis training programs for children of preschool age.

The goal of the study is the analysis of regular tennis practice effects on the functional state and physical performance level in boys of preschool age.

There have been studied the two groups (15 children in each one). The 1st group included the children aged $6,02 \pm 0,3$ years practicing tennis for the 1st year according to the program "Tennis 10s". The 2nd group ($6,03 \pm 0,4$ years old) consisted of the children practicing tennis for the 2nd year according to the same program. There have been measured the following indices: physical development (height, weight); strength indicators ("burst" strength in leg muscles - running 30 meters, vertical jumps; the maximum strength of the hand flexor muscles); speed properties (latent periods of visual-motor and acoustic motor response); Romberg's test; Rufe-Dixon test.

The comparison analysis have demonstrated that the 2nd group children had significantly higher indices in such strength capacities as dynamometry (29 %) and vertical jumps (26,4 %). The visual-motor response latent periods were shorter by 56 % while those for the audio-motor response – by 33 %. Coordination capacities (Romberg's test) were higher by 33 %, and physical performance (Rufe-Dixon index) – by 23,4 %. Hence the conclusion that tennis training organized according to the "Tennis 10s" program showed the positive influence of the development of strength capacities and general physical development in children of preschool age.

Keywords: tennis, preschool age, physical development, strength capacities, physical performance

References

1. Bollettieri, N., Hobden B., Gonzales P., The 5 keys to tennis, 168, (New York, 1991).
2. Groppe, Y., Loer Y., Melville S., Quin A., Science of coaching tennis Champaign, 246, (Illinois Leisure Press, 1998).
3. International Tennis Federation: program "Play and Stay" and its new program Tennis 10s, available at: <http://www.stennis.ru/10s>. (accessed 01 November 2011).
4. Guba V.P., Tarpischev Sh.A., Samoylov A.B., *Features of training of young tennis players*, 132, (SportAkademPres, Moscow, 2003).
5. Zhuravleva A.Yu., Influence of occupations by tennis on physical development of children of preschool age, *Fizicheskaya kultura*, **6**, 42, (2011).
6. Ivanova, T.S., *Organizational and methodical bases of training of young tennis players*, 128, (Fizicheskaya kultura, Moscow, 2007).

7. Ivanova G.P., Syaotsyuan Ch., Plotnikov V.V., Three-level system of initial training of children in tennis, *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, **6 (88)**, 43, (2012).
8. Babiy V.G., Malikov N.V., Influence of systematic occupations by big tennis on the level of physical working capacity and a functional condition of an organism of boys and girls of 12-14 years, *Pedagogika, psihologiya i mediko-biologicheskie problemy fizicheskogo vospitaniya i sporta*, **10**, 16, (2008).
9. Vyisochin Yu.V, Shaposhnikov V.I., Physical development and health of children, *Fizicheskaya kultura v shkole*, **3**, 69, (1999).
10. Balsevich V.K. Ontokinesiology of the person, 275, (Teoriya i praktika fizicheskoy kulturyi, Moscow, 2000).

Поступила в редакцию 06.11.2015 г.

УДК 631.53.027:631.811.98

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕПАРАТОМ ЦИРКОН НА МИТОТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ АПИКАЛЬНОЙ МЕРИСТЕМЫ КОРНЕЙ КУКУРУЗЫ

Собчук Н. А., Чмелёва С. И.

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым,
Российская федерация
E-mail: sob4uk.n@gmail.com*

Приведены исследования влияния препарата Циркон на митотическую активность апикальной меристемы корней проростков растений кукурузы на ранних этапах онтогенеза. Впервые получены данные о влиянии регулятора роста на митотическую активность апикальной меристемы корней у гибридов кукурузы ТАР 349 МВ и Селест ФАО 390. Результаты работы имеют теоретическую и практическую ценность, так как углубляют знания о действии синтетического регулятора роста нового поколения на сельскохозяйственные растения, что позволяет рекомендовать к применению его в практике выращивания растений кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза, Циркон, митотический индекс.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях постоянного роста населения значимым становится повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Для решения данной задачи в сельском хозяйстве применяют различные регуляторы роста, действие которых направлено на увеличение урожая, а также повышение устойчивости растений к экстремальным условиям окружающей среды [1–4]. К регуляторам роста нового поколения относится препарат Циркон. Циркон предоставляет собой препарат на основе природных компонентов, который используют как комплексный стимулятор роста: он повышает корнеобразование, ростовые процессы, продолжительность цветения и устойчивость к поражению болезнями, увеличивает урожайность и качества растений [5–8].

В основе активации процессов роста растительного организма на органном уровне лежит стимуляция процессов клеточного роста, составной частью которой является митотическая активность меристемы. Любое неспецифическое влияние окружающей среды, в том числе и воздействие экзогенными регуляторами роста, может привести к определенным нарушениям жизнедеятельности клеток, которые отражают такие показатели, как митотический и фазные индексы. Понижение митотического индекса клеток исследуемого варианта по сравнению с контролем позволяет судить о митозмодифицирующем действии фактора. Повышение митотического индекса может быть обусловлено повышением количества клеток на разных стадиях митоза либо задержкой прохождения клеток митотических фаз,

вызванными нарушением структуры хромосом [9]. Исследование фазных индексов, в свою очередь, помогает выявить причину повышения митотического индекса ядер клеток меристемы. Поэтому **целью** нашей работы было исследовать влияние препарата Циркон на митотическую активность апикальных меристем корней проростков кукурузы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были использованы семена и растения кукурузы *Zea mays L.*, CV / ТАР 349 МВ и *Zea mays L.*, CV / Селест ФАО 390. Отобранные по средним размерам и протравленные в слабом растворе перманганата калия, семена закладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу по 25 шт., приливали по 10 мл рабочего раствора с различной концентрацией исследуемого препарата (0,0125; 0,025; 0,05; 0,075 и 0,1 % растворы, контроль – отстоянная водопроводная вода). Семена проращивали в термостате типа ТС-80М-2 в темноте при температуре +25°C [10]. На 4-е сутки от проростков кукурузы отрезали корень (5-7 мм) и погружали его в раствор фиксатора (уксусный алкоголь) на 1 сутки. Фиксированные кончики корней переносили в раствор 70° этилового спирта и таким образом сохраняли в холодильнике. Окраску корешков проводили ацетокармином на протяжении двух суток. Микропрепараты «раздавленная капля» готовили по стандартной методике [9]. Каждый опыт проводили в трехкратной повторности. По каждому варианту эксперимента анализировали кончики корней 3 проростков, в каждом кончике корня – не менее 1000 клеток [11]. Расчет митотического и фазных индексов производился по стандартным формулам [9]. Статистическую обработку полученных данных осуществляли, рассчитывая среднюю арифметическую и стандартную ошибку средней арифметической. Для определения достоверных отличий распределений биометрических данных использовали t-критерий Стьюдента [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обобщенные данные исследований по влиянию регулятора роста Циркон на митотическую активность клеток апикальной меристемы корня проростков кукурузы представлены в таблице 1. Статистическая обработка полученных значений позволила установить, что препарат Циркон достоверно повышает **митотический индекс** во всех вариантах у гибрида ТАР 349 МВ в 1,1–1,4 раз, а у гибрида Селест ФАО 390 – в 1,2–2,0 раза. Наиболее эффективной по влиянию на изучаемый показатель оказалась концентрация Циркона 0,05 % для гибрида ТАР 349 МВ и 0,025 % для гибрида Селест ФАО 390.

Статистическая обработка первичных данных, касающихся влияния регулятора роста Циркон на **фазные индексы** меристематических клеток апикальной меристемы гибрида ТАР 349 МВ, свидетельствует о том, что значения всех исследуемых вариантов препарата в профазе достоверно не отличаются от контроля (Табл. 2, Рис. 1).

Таблица 1

Влияние препарата Циркон на митотическую активность апикальной меристемы корня проростков кукурузы

Варианты опыта		Митотический индекс, %
<i>ТАР 349 МВ</i>	Контроль	5,31±0,22
	Циркон 0,0125 %	6,37±0,12*
	Циркон 0,025 %	7,26±0,12**
	Циркон 0,05 %	7,62±0,06***
	Циркон 0,075 %	6,51±0,07**
	Циркон 0,1 %	5,88±0,13
<i>Селест ФАО 390</i>	Контроль	2,69±0,12
	Циркон 0,0125 %	3,94±0,09***
	Циркон 0,025 %	5,62±0,12***
	Циркон 0,05 %	4,58±0,07***
	Циркон 0,075 %	4,55±0,14**
	Циркон 0,1 %	3,31±0,05**

Примечание. (M ± m; * – p≤0,05; ** – p≤0,01; *** – p≤0,001 по отношению к контролю).

При этом в вариантах с концентрацией регулятора роста 0,0125 % и 0,025 % установлено достоверное отличие телофазного индекса от контроля с p≤0,01. Уменьшение клеток в телофазе происходит за счет их увеличения в профазе и метафазе. В вариантах с предпосевной обработкой препаратом Циркон 0,05 % и 0,075 % длительность всех митотических фаз достоверно не отличается от контроля и находится в интервале -6,08...+7,74 %, что соответствует норме. В варианте с концентрацией препарата 0,1 % достоверно отличаются метафазный (с p≤0,001), анафазный (с p≤0,01) и телофазный (с p≤0,001) индексы от контроля. Причиной этого является уменьшение делящихся клеток на стадии анафазы и телофазы за счет задержки их на стадии метафазы (Табл. 2; Рис. 1, А).

В результате анализа первичных данных по влиянию препарата на фазные индексы меристематических клеток апикальной меристемы корней проростков кукурузы гибрида Селест ФАО 390 было отмечено различное влияние регулятора роста на исследуемые показатели. В вариантах с использованием концентрации Циркон 0,0125 % от контроля достоверно отличается длительность профазы, метафазы и анафазы, при этом отмечается задержка делящихся клеток в профазе и метафазе (Табл. 2; Рис. 1, Б).

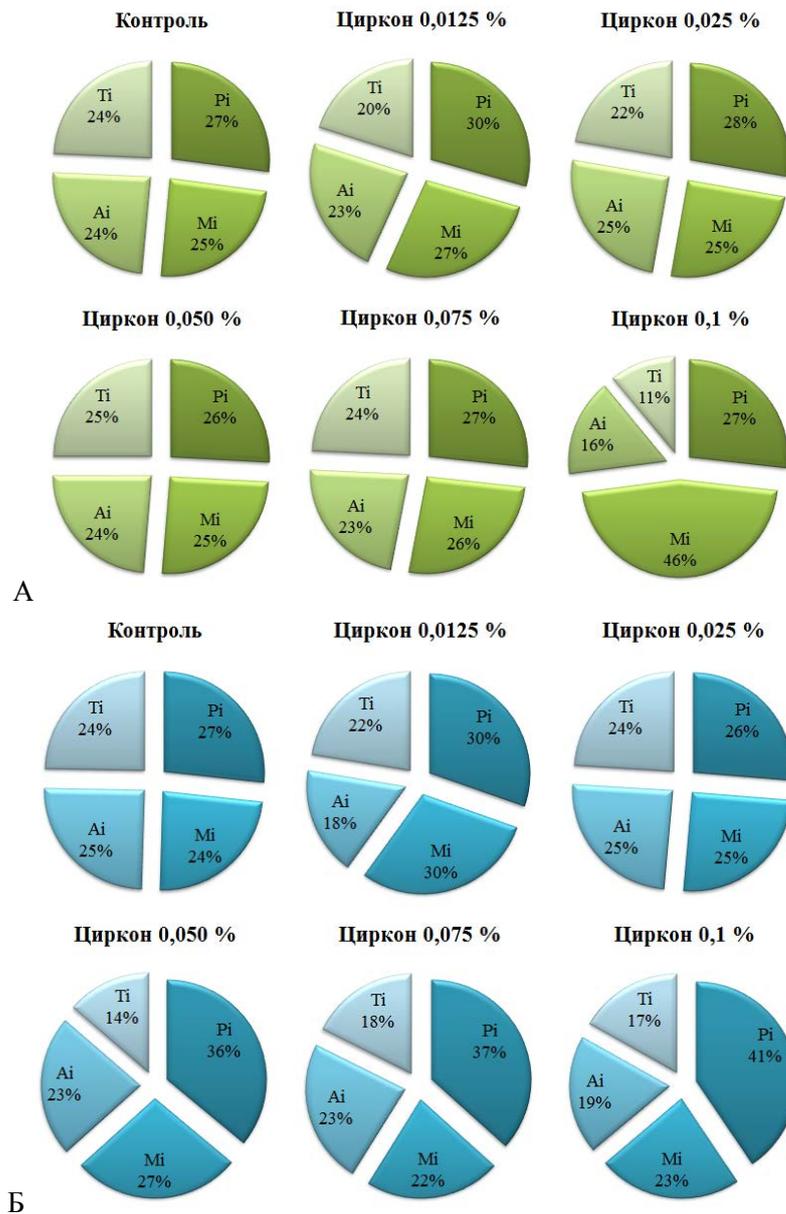


Рис. 1. Влияние препарата Циркон на длительность фаз митоза клеток апикальной меристемы корней кукурузы гибридов ТАР 349 МВ (А) и Селест ФАО 390 (Б).

В вариантах с концентрацией препарата Циркон 0,025 % достоверного отличия фазных индексов от контроля нами не выявлено.

Таблица 2

Влияние препарата Циркон на значения фазных индексов апикальной меристемы корня проростков кукурузы

Варианты опыта		Pi±δt	Mi±δt	Ai±δt	Ti±δt
ТАР 349 МВ	Контроль	27,11±0,40	24,34±1,08	24,25±0,87	24,30±0,13
	Циркон 0,0125 %	29,41±1,21	27,32±0,21	23,19±0,73	20,09±0,63**
	Циркон 0,025 %	27,73±0,36	25,01±0,51	24,98±0,53	22,27±0,33**
	Циркон 0,05 %	25,86±0,65	25,43±0,39	23,71±1,17	25,00±0,49
	Циркон 0,075 %	26,74±0,97	26,23±0,86	22,78±0,56	24,25±0,37
	Циркон 0,1 %	29,34±0,81	50,56±1,18***	17,70±0,44**	11,96±0,45***
Селест ФАО 390	Контроль	26,72±0,16	23,73±0,30	24,84±0,94	24,71±0,93
	Циркон 0,0125 %	30,39±0,09*	29,60±1,48**	17,60±0,74**	22,42±0,99
	Циркон 0,025 %	26,28±1,44	25,12±0,74	24,57±0,48	24,03±0,72
	Циркон 0,05 %	36,02±1,37**	27,34±0,48**	22,99±1,02	13,65±0,47***
	Циркон 0,075 %	36,68±1,42**	22,18±0,69*	23,51±0,51	17,63±0,81**
	Циркон 0,1 %	46,22±1,72***	26,43±1,09	22,14±0,67	19,07±0,47**

Примечание. (M ± m; * – p≤0,05; ** – p≤0,01; *** – p≤0,001 по отношению к контролю).

Длительность фаз меристемы корня проростков кукурузы в варианте опыта Циркон 0,025 % отличается от длительности фаз контроля в пределах - 2,77...+5,86 % и составляет норму. В опытных вариантах с концентрациями исследуемого препарата 0,05 % и 0,075 % достоверно отличаются профазные (с p≤0,01), метафазные (с p≤0,01 и p≤0,05) и телофазные (с p≤0,001 и p≤0,01) индексы от соответствующих фазных индексов контрольного варианта. Это достигается из-за уменьшения количества клеток в телофазе за счет их задержки в профазе и метафазе. В варианте с использованием препарата Циркон в концентрации 0,1 % от контроля достоверно отличаются профаза (с p≤0,001) и телофаза (с p≤0,01). Так, профазный индекс данного исследуемого варианта отличается от контроля на 37,28 %, а телофазный – на -28,67 % (см. Табл. 2). Причиной этого является задержка клеток в профазе и, как следствие, их уменьшение в телофазе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлено достоверно положительное влияние регулятора роста Циркон на митотическую активность клеток апикальной меристемы корней проростков

кукурузы. Наилучшее влияние на исследуемый показатель у гибрида кукурузы ТАР 349 МВ оказывает препарат в концентрации 0,05 %, а у гибрида кукурузы Селест ФАО 390 – 0,025 %. При этом повышение митотического индекса в вариантах с оптимальной концентрацией препарата происходит за счет интенсивного деления клеток апикальной меристемы корней проростков, что значительно повышает скорость роста корневой системы всего растения.

2. Предварительное замачивание семян в растворах изучаемого синтетического регулятора роста будет стимулировать митотическую активность клеток апикальной меристемы корней проростков кукурузы, что можно использовать для усиления процессов роста корней, что в конечном итоге приведет к повышению их поглотительной способности и, как следствие, к увеличению продуктивности растений.

Список литературы

1. Прусакова Л. Д. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами / Л. Д. Прусакова, Н. Н. Малеванная, С. Л. Белопухов, В. В. Вакуленко // *Агрохимия*. – 2005. – № 11. – С. 76–86.
2. Чмелёва С. И. Влияние препарата Циркон на рост и развитие растений кукурузы на начальных этапах онтогенеза / С. И. Чмелёва, Е. Н. Кучер, Ю. О. Дашкевич, М. И. Ситник // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия*. – 2013. – Т. 26 (65), № 4. – С. 188–195.
3. Чмелёва С. И. Влияние препарата Циркон на рост и развитие растений кукурузы на начальных этапах онтогенеза в условиях почвенной засухи / С. И. Чмелёва, Е. Н. Кучер, Ю. О. Дашкевич, М. И. Ситник // *Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия*. – 2014. – Т. 27 (66), № 1. – С. 223–231.
4. Шевелуха В. С. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве / В. С. Шевелуха, В. М. Ковалев, Л. Г. Груздев // *Вестник с.-х. науки*. – 1985. – №9. – С. 57–65.
5. Малеванная Н. Н. Взрывной темперамент Циркона на службе растений / Н. Н. Малеванная // *Новый садовод и фермер*. – 2001. – №1. – С. 45–47.
6. Малеванная Н. Н. Препарат циркон – иммуномодулятор нового типа / Н. Н. Малеванная // *Научно-практическая конференция «Применение препарата циркон в производстве сельскохозяйственной продукции»*. – М., 2004. – С. 17–20.
7. Малеванная Н. Н. Ростостимулирующая и иммуномодулирующая активности природного комплекса гидроксикоричных кислот (препарат Циркон) / Н. Н. Малеванная // *IV Международная научная конференция «Регуляция роста, развития и продуктивности растений»*. – Минск, 2005. – С. 141.
8. Ткачук О. А. Эффективность применения регуляторов роста при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья / О. А. Ткачук, Е. В. Павликова, А. Н. Орлов // *Молодой ученый*. – 2013. – № 4. – С. 677–679.
9. Прохорова И. М. Оценка митотического и мутагенного действия окружающей среды: Метод. указания / Прохорова И. М., Ковалева М. И., Фомичева А. Н.; Ярослав. гос. ун-т. – Ярославль, 2003. – 32 с.
10. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями N 1, 2) [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: http://docs.nevacert.ru/files/gost/gost_12038-1984.pdf
11. Евсеева Н. В. Физиолого-биохимические изменения в проростках пшеницы при инокуляции бактериями рода *Azospirillum* / Н. В. Евсеева, Л. Ю. Матора, Г. Л. Бурыгин [и др.] // *Физиология и биохимия культурных растений*. – 2011. – Т.43., №2. – С. 171–178.
12. Протасов К. В. Статистический анализ экспериментальных данных / Протасов К. В. – М.: Мир. 2005. – 232 с.

**INFLUENCE OF PRESEEDING PROCESSING BY THE PREPARATION
ZIRCON ON MITOTIC ACTIVITY APICAL MERISTEMS OF ROOTS OF
CORN**

Sobchuk N.A., Chmeleva S.I.

*Crimean Federal V.I. Vernadsky University, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation
E-mail: sob4uk.n@gmail.com*

Zircon is a growth regulator of new generation with multifunctional effect. It is a natural ingredients-based preparation, which is used as a complex growth stimulant: it increases root formation, enhances growth processes, improves flowering duration and increases resistance to diseases, increases yield and quality of plants. Mitotic activity is an integral part of cell growth. Any non-specific environmental impact, including the effects of exogenous growth regulators, may lead to certain disorders of cell activity, which are reflected by such factors as mitotic and phase indexes. The reduction of mitotic index of the cells of the investigated case compared to the control allows considering a mitosis-modifying effect of the factor. Increase of mitotic index may be associated with the increase of the cells number at different stages of mitosis or with the delay of cells passage of mitotic phases, which is caused by the disruption of the structure of chromosomes. The study of phase indexes, in its turn, helps to identify the cause of increase of the mitotic index of cell nuclei of the meristem. Therefore, the aim of our work was to investigate the effect of the preparation Zircon on the mitotic activity of apical meristems of roots of maize sprouts.

As an object of the study, the seeds and plants of maize *Zea mays* L., CV / TAP 349 MB and *Zea mays* L., CV / Celeste FAO 390 have been used. The selected seeds were put into the Petri dishes to the work solution with different concentrations of investigational preparation (0, 0,125; 0,025; 0,05; 0,075 and 0,1% solutions, control – settled tap water). On the fourth day, the root (5-7 mm) was cut off from the sprouts of maize and was put in the fixative solution (acetic alcohol) for the period of 24 hours. Fixed roots tips were transferred to the solution of ethyl alcohol of 70°.

The coloration of roots with acetocarmine was conducted over a period of two days. For each case of the experiment the roots tips of three sprouts were analyzed, in each root tip there were not less than 1000 cells. Statistical processing of obtained data was performed by calculating arithmetic mean and standard error of arithmetic mean. In order to determine significant differences of distribution of biometric data the Student's t-test was used. The study revealed the significantly positive effect of the growth regulator Zircon on the mitotic activity of cells of apical meristem of roots of maize sprouts. The preparation had the best effect on study indicator by the maize hybrid TAP 349 MB at the concentration of 0,05%, and by the maize hybrid Celeste FAO 390 – at the concentration of 0,025%. Therewith, the increase of the mitotic index in cases with the optimal concentration of preparation is caused by the intense cell fission of apical meristem of the roots of sprouts; this significantly increases the rate of growth of the root system of the whole plant.

It was also found that the pre-soaking of the seeds in the solutions of the studied synthetic growth regulator will stimulate the mitotic activity of cells of the apical meristem of the roots of maize sprouts, which can be used for enhancement of the processes of the roots growth, which will eventually lead to the increase of their absorbability and, as a result, to the increase of plant productivity. The results of the work have theoretical and practical value, as they deepen knowledge on the effect of synthetic growth regulator of new generation on agricultural plants, which allows recommending to use it in the practice of growing maize plants.

Keywords: corn, Zircon, mitotic index.

References

1. Prusakova L.D., Malevannaya N.N., Belopukhov S.L., Vakulenko V.V., Plant growth regulators with anti-stress and immuno-protective properties, *Agrochemicals*, **11**, 76 (2005).
2. Chmeleva S.I., Kucher E.N., Dashkevich Y.O., Sitnik N.I., The influence of drug Zircon on the growth and development of corn plants at the early stages of ontogenesis, *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series : Biology, Chemistry*, **26 (65)**, 4 (2013).
3. Chmeleva S.I., Kucher E.N., Dashkevich Y.O., Sitnik M.I. The influence of drug Zircon on the growth and development of corn plants at the early stages of ontogeny in conditions of drought, *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series : Biology, Chemistry*, **27 (66)**, 1 (2014).
4. Shevelukha V.S., Kovalev V.M., Gruzdev L.G., Plant growth regulators in agriculture, *Herald of agricultural science*, **9**, 57 (1985).
5. Malevannaya N.N., The explosive temperament of zircon in the service of plant, *The new gardener and farmer*, **1** (2001).
6. Malevannaya N.N., Drug zircon - a new type of immunomodulator, *Abstracts of Scientific and Practical Conference "Use of the drug zircon in agricultural production"*, (Moscow, 2004), p. 17.
7. Malevannaya N.N., Growth stimulating and immunomodulatory activity of natural complex hydroxycinnamic acids (drug Zircon), *Abstracts of IV International Scientific Conference "Regulation of growth, development and productivity of plants"*, (Minsk, 2005), p. 141.
8. Tkachuk O.A., Pavlikova E.V., Orlov A.N., Efficiency of growth regulators in the cultivation of spring wheat in the forest-steppe zone of the Middle Volga, *Young scientist*, **4**, (2013).
9. Prokhorova I.M., Kovaleva M.I., Fomichev A.N., Evaluation of mitotic and mutagenic effects of the environment (Yaroslavl, 2003), p. 32.
10. GOST 12038-84. The agricultural seeds. Methods for determination of germination (with a change in N 1, 2). Available at: http://docs.nevacert.ru/files/gost/gost_12038-1984.pdf
11. Evseeva N.V., Matora L.Y., Burygin G.L., The physiological and biochemical changes in seedlings of wheat when inoculated with bacteria of the genus *Azospirillum*, *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, **43**, 171 (2011).
12. Protasov K.V., *The statistical analysis of experimental data* (World, Moscow, 2005), p. 232.

Поступила в редакцию 26.10.2015
Поступила в редакцию 21.08.2013 г.

УДК 612.13+615.821

КОРРЕКЦИЯ МЫШЕЧНОГО ГИПЕРТОНУСА В УСЛОВИЯХ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ НАГРУЗОК У БОРЦОВ

Тарабрина Н. Ю., Грабовская Е. Ю.

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым,
Россия*

E-mail: nata-tarabrina@mail.ru

Изучена возможность применения тракционной миорелаксации для изменения тонуса мышц в рефлексогенных сосудистых зонах шейно-грудного отдела позвоночника при вестибулярных нагрузках у борцов. Разработан и впервые внедрен в тренировочный процесс комплекс физических упражнений, направленный на активную тракционно-ротационную миорелаксацию паравертебральных мышц сегментов С3-Тн8, способствующий повышению работоспособности спортсменов. Показано, что вестибулярная нагрузка оказывает симпатикотонический эффект и приводит к увеличению гипертонуса. Тракционная миорелаксация статистически значимо снижает миотонус у всей совокупности испытуемых. Данный эффект в большей степени проявился в точке VG15.

Ключевые слова: вестибулярная нагрузка, мышечный тонус, активная тракционно-ротационная миорелаксация, борцы.

ВВЕДЕНИЕ

Мышечные гипертонусы, вплоть до развернутой картины мышечно-тонических синдромов, являются одним из частых проявлений перенапряжения опорно-двигательного аппарата у спортсменов-единоборцев, влекущих за собой снижение общей и специальной физической работоспособности [1]. Анализ экспериментальных работ показывает, что негативные биомеханические изменения в структурах, наиболее богатых проприорецепторами, включая мышцы шеи, вызывают рассогласование между реальным и воспринимаемым положением тела [2, 3]. Неадекватная сенсорная информация вызывает нарушения в реализации движений, способствуя формированию неоптимального двигательного стереотипа, что приводит к значительному повышению мышечного напряжения, дополнительным энергетическим затратам в ЦНС и мышцах, способствует формированию миофасциального болевого синдрома [4].

Также известно, что при интенсивных вестибулярных нагрузках (ВН) повышение тонуса мышц в области шейно-грудного отдела позвоночника в месте расположения позвоночных артерий посредством стволовых рефлексов Магнуса – Клейна может приводить к их компрессии и рефлекторно-ангиоспатическим реакциям. Рефлекторные мышечные (нижняя косая мышца головы, передняя лестничная мышца) компрессии нередко являются патогенетическим вариантом развития синдрома позвоночной артерии. Сдавление позвоночных артерий

возможно также мышцами шеи (лестничными, длинной мышцей шеи, нижней косой мышцей головы) при их сокращении и при определенных положениях головы [5].

Данный эффект могут усиливать функциональные нарушения позвоночных двигательных сегментов в форме локальных мышечных гипертонусов, которые связаны с характером тренировочных и соревновательных нагрузок единоборцев, а также спортивными травмами [1, 6]. Вследствие этого происходят изменения состояния проприорецепторов в верхнешейном отделе позвоночника, мышцах шеи и плечевого пояса, которые ведут к нарушениям шейно-вестибулярных взаимодействий.

В связи с этим целесообразным является поиск и разработка немедикаментозных методов коррекции локальных и распространенных мышечных гипертонусов, основанных на зависимости между функциональным состоянием паравертебральных мезодермальных образований (в особенности рефлексогенных сосудистых зон) и функциональным состоянием ведущих систем организма спортсменов [6, 7], что представляет актуальную проблему физиологии спортивной тренировки и ее медико-биологического обеспечения.

Таким образом, **целью** исследования явилось изучение эффективности применения активной-тракционно ротационной миорелаксации (АТРМ) для коррекции тонуса мышц в рефлексогенных сосудистых зонах шейно-грудного отдела позвоночника при ВН у борцов. В связи с целью и выдвинутой гипотезой исследования нами были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить эффекты воздействия ВН на миотонус в симметричных паравертебральных точках VG15, TR15, V46 у борцов;
2. По изменениям миотонуса в точках VG15, TR15, V46 изучить особенности влияния АТРМ на физиологические эффекты воздействия ВН.
3. Обосновать целесообразность применения комплекса активной тракционно-ротационной миорелаксации борцами при вестибулярных нагрузках.

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательской работы кафедры медико-биологических основ физической культуры факультета физической культуры и спорта Таврической академии КФУ имени В.И. Вернадского.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 81 человек – спортсмены-борцы, занимающиеся вольной и греко-римской борьбой (средний возраст – $19,4 \pm 3,7$ лет), со стажем спортивной тренировки не менее 8–10 лет, имеющие спортивную квалификацию кандидата в мастера спорта и мастера спорта Украины (в категории до 76 кг). Обследования проводились с 9.00 до 11.00 часов, температура воздуха в помещении составляла $19-22^{\circ}\text{C}$. Для спортсменов за день до проведения обследований и в день проведения обследований тренировочные занятия не проводились.

Было проведено две серии экспериментов. В первой серии (серия 1) юноши подвергались ВН на кресле Барани по методике Воячека [2]. Во второй серии (серия 2) за 2-3 минуты перед ВН спортсмены выполняли комплекс физических

упражнений, направленных на АТРМ мышц сегментов С3-Тh8 в течение 10–15 мин [8].

В комплексе АТРМ используются двухфазные упражнения в фиксированных позах, первая фаза которых состоит в ступенчатом растяжении паравертебральных мышц в продольном направлении, а вторая – в троекратной ритмичной ротации плечевого пояса в сторону поворота головы на максимуме продольной тракции в ритме 60 раз/мин, что обеспечивает активное растяжение мышц-ротаторов и разгибателей позвоночного столба, позволяющее максимально эффективно растянуть и релаксировать мышцы-ротаторы шеи (в условиях минимизации корсетирующего противостояния мышц-разгибателей позвоночника).

Эффект снижения тонуса паравертебральных мышц шейно-грудного отдела объективизировали измерением миотонуса до и после АТРМ в состоянии покоя в симметричных паравертебральных точках: VG15 – «я-мэнь», TR15 – «тянь-ляо», V46 – «гэ-гуань» при помощи электромиотонометра «METRIMEX» (Венгрия).

Миотонометрия позволяет определить тонус (эластичность, твердость, упругость) мышц и дать представление о степени готовности к выполнению повторной работы, о ходе восстановительных процессов, снимающих утомление мышц. По шкале прибора в условных единицах (миотонах) измеряют сопротивление, оказываемое мышцей. Чем тверже мышца, тем глубже уходит щуп внутрь измерительного прибора [9].

Эффекты влияния ВН на уровень тонуса паравертебральных мышц шейно-грудного отдела, а также их нивелирования при действии АТРМ выражали в относительных единицах (процентах) по отношению к исходному уровню.

Результаты обследований подвергали статистической обработке, используя пакет программ «STATISTICA 6.0». Использовались параметрические методы, достоверность различий полученных результатов определялась с помощью *t*-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлено, что раздражение вестибулярного аппарата испытуемых приводит к росту миотонуса мезодермальных образований в сегментах С3-Тh8.

Показано, что миотонус мышц в точке VG15, а также в симметричных точках TR15 и V46 существенно изменяется при действии ВН, причем изменения происходят в сторону увеличения (табл.1; рис.1). Более выраженный эффект воздействия ВН проявлялся в точке VG15, в меньшей степени – V46.

Влияние тракционно-ротационной миорелаксации мышц в сегментах С3-Тh8 в условиях воздействия вестибулярной нагрузки проявилось в снижении миотонуса во всех исследованных точках. Данный эффект в большей степени проявился также в точке VG15 (табл.1; рис.2).

Таблица 1.

Изменение тонуса мышц ($X \pm Sx$) в сегментах С3-Тн8 (в миотонах) у борцов ($n=81$) при действии вестибулярной нагрузки (ВН) и ее влиянии при комбинации с активной тракционно-ротационной миорелаксацией (АТРМ+ВН)

Точки	Первая серия			Вторая серия		
	исходный уровень	ВН	Д %	исходный уровень	АТРМ+ВН	Д %
VG15	22,59± 0,82	25,11± 0,90**	11,15	22,36± 0,98	19,48± 0,86**	-12,87
TR15 dexter	48,79± 1,05	51,40± 0,78*	5,34	48,67± 1,01	42,95± 0,90**	-11,75
TR15 sinister	48,33± 0,96	50,46± 0,78*	4,39	49,02± 0,77	44,09± 0,84**	-10,07
V46 dexter	49,56± 0,65	51,36± 0,980	3,64	49,94± 0,87	44,42± 0,73**	-11,05
V46 sinister	49,37± 0,90	51,01± 0,96	3,33	49,83± 0,89	44,52± 0,94**	-10,65

Примечание: достоверность различий * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$

Обращает внимание факт наибольшей чувствительности к ВН точки VG15. Данная точка расположена между I и II шейными позвонками, выше задней границы роста волос. Известно, что наибольший поток импульсов к латеральным вестибулярным ядрам поступает именно от структур шеи – костносвязочных, суставных и мышечных рецепторов [10]. Действие на данную точку акупунктурных методов приводит к улучшению состояния вестибулярного аппарата.

Как считает Быченков С. М. [11], систематические тракционные воздействия способствуют агрегации коллагеновых волокон, увеличению толщины соединительной ткани и ее прочностных характеристик, улучшению кровотока, дезактивации триггерных точек. Рефлекторные механизмы основываются на удлинении мышц и рефлекторном расслаблении за счет активации дуги рефлекса реципрокного торможения. Существуют данные, что рефлекторные эффекты мануальной цервикальной тракции выражаются в снижении амплитуды Н-ответа ЭМГ, приводя к большему расслаблению и меньшей возбудимости альфамотонейронов [12].

В результате анализа данных по всей совокупности наблюдений выявлено, что ВН оказывает статистически значимое ($p < 0,05-0,01$) увеличение тонуса мышц во всех исследованных точках (до 11,15 % в точке VG15) (табл. 1; рис. 1).

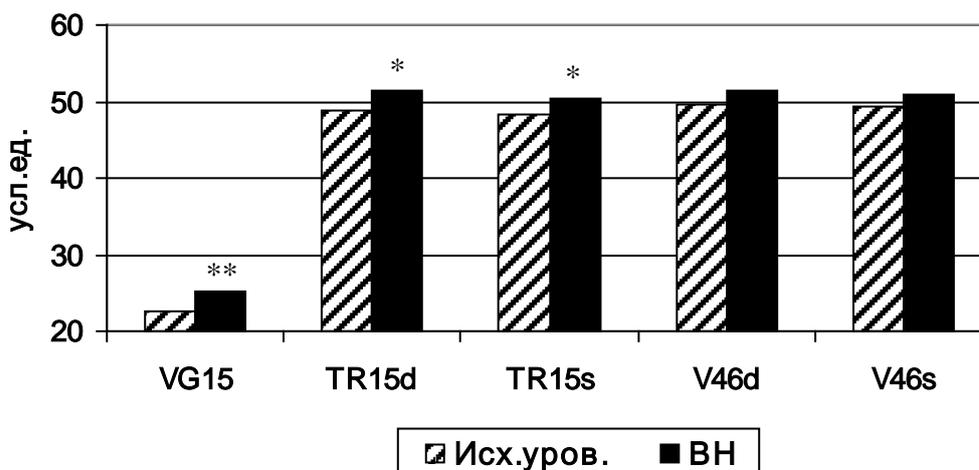


Рис. 1. Тонус мышц (усл. ед.) в сегментах С3-Th8 у борцов до и после вестибулярной нагрузки (ВН).

Известно [2, 13], что вестибулярная система детектирует линейные и угловые ускорения головы в пространстве. Сами шейные проприорецепторы сигнализируют о позиции головы, а взаимодействие этих двух систем на уровне вестибулярных ядер обеспечивает стабилизацию позы и ориентацию в пространстве. Как считают [10, 11, 14], нарушение шейно-вестибулярных взаимодействий характеризуется изменением состояния проприорецепторов в верхнешейном отделе позвоночника, мышцах шеи и плечевого пояса, что проявляется в изменении миотонуса.

При изучении эффектов АТРМ на миотонические реакции борцов, связанные с ВН, выявлено статистически значимое ($p < 0,01$) снижение миотонуса (до 12,87 % – в точке VG15) (табл. 1; рис. 2).

На основе полученных результатов и литературных данных предполагается, что одним из основных звеньев общего механизма действия АТРМ является снижение тонуса мезодермальных образований. Нейрональный механизм действия АТРМ может быть обусловлен нормализацией процессов нейромедиации в гистаминергических нейронах вестибулярных ядер [15]. Зафиксированные нами реакции на АТРМ, по-видимому, можно объяснить высокой конвергенцией висцеральных и соматических афферентных сигналов на одних и тех же нейронах вестибулярных ядер и, как следствие – взаимообуславливающими рефлекторными механизмами. Наличие тесных висцерально-мышечных (висцеро-моторных) и еще более тесных мышечно-висцеральных (моторно-висцеральных) связей было убедительно доказано физиологической школой основоположника учения о позно-вегетативных рефlekсах М. Р. Могендовича [8].

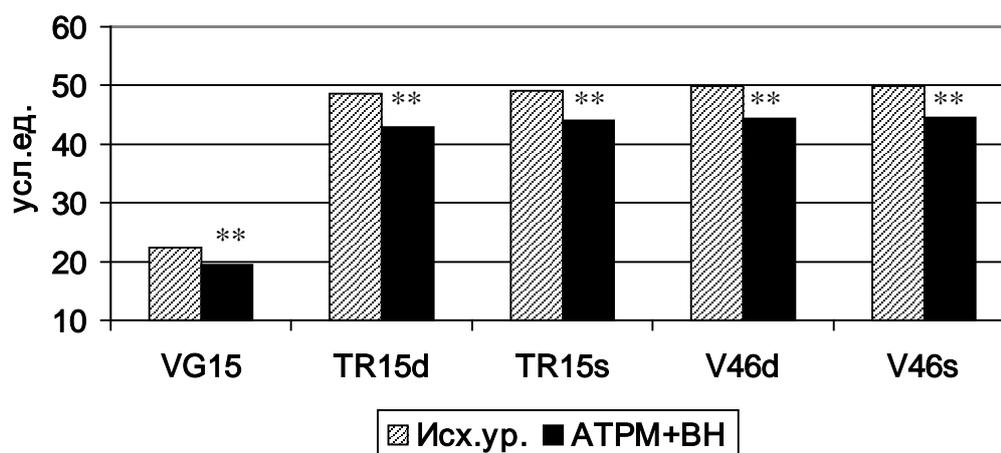


Рис. 2. Тонус мышц (усл. ед.) в сегментах С3-Th8 у борцов до и после комбинированного влияния активной тракционно-ротационной миорелаксации (АТРМ) и вестибулярной нагрузки (ВН).

Возможность конвергенции соматических афферентов на вестибулярные ядра ствола головного мозга доказаны в физиологических работах Райцеса [15]. Это положение также нашло подтверждение в клинических исследованиях С. А. Лихачева, И. А. Склюта [14]. В пользу данного мнения также свидетельствуют данные авторов о наличии пассивного цервикоокулярного рефлекса, который представляет собой нистагмическую вестибулоглазодвигательную реакцию (нистагм и медленные смещения глаз), возникающую при стимуляции исключительно только шейных проприорецепторов [16]. Морфологическим субстратом этого рефлекса являются спиновестибулярные и вестибулоглазодвигательные нейрональные структуры.

В результате сравнения изменений показателей миотонуса, зарегистрированных после ВН и комбинированном воздействии АТРМ с ВН, выявлены противоположные по направленности эффекты. Так, разница по показателю миотонуса в точке VG15 составила 21,28 %, в точке TR15 dexter – 16,02 %, в точке TR15 sinister – 13,79 %, в точке V46 dexter – 14,17 %, в точке V46 – sinister – 13,31 %.

Можно предположить, что одним из звеньев общего корректирующего механизма АТРМ является ингибирующий эффект в отношении вестибулярных ядер ствола мозга на основе модуляции гистаминергической передачи. При этом преобладание каких-либо одних механизмов взаимодействия вегетативной и вестибулярной систем не исключает наличия других, в конечном итоге приводя к адаптации целого организма.

Таким образом, установленные особенности изменений миотонуса при действии АТРМ при ВН расширяют существующие представления о реакциях организма спортсменов на миорелаксацию при ВН и открывают новые возможности для дальнейшего изучения данной проблемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Вестибулярные раздражения у борцов приводят к росту миотонуса мезодермальных образований в сегментах С3-Th8. Более выраженный эффект воздействия ВН выявлен в точке VG15, в меньшей степени – в точке V46.
2. Влияние активной тракционно-ротационной миорелаксации мышц в сегментах С3-Th8 в условиях воздействия вестибулярной нагрузки проявилось в снижении миотонуса. Данный эффект в большей степени проявился в точке VG15.
3. Изменения миотонуса в сегментах С3-Th8 отражает изменение реакции испытуемых как на вестибулярную нагрузку, так и на действие миорелаксации.

Список литературы

1. Сышко Д. В. Вестибулярные реакции у спортсменов / Д. В. Сышко // (Монография). – Симферополь: Феникс, 2005. – 248с.
2. Курашвили А. Е. Физиологические функции вестибулярной системы. / А. Е. Курашвили, В. И. Бабияк – Л.: Медицина. – 1975. – 279 с.
3. Brooks S. V. Forees and powers of slow and fast skeletal muscles in mice during repeated contractions/ S. V. Brooks, J. A. Fauekner // J Physiol. – 1991. – V. 436 – P. 701–710.
4. Стефаниди А. В. Мышечно-фасциальные болевые синдромы (клинические варианты, механизмы развития, лечение): дисс. ... докт. мед. наук. / Стефаниди А. В. – Санкт-Петербург, 2009. – 360 с.
5. Калашников В. И. Синдром позвоночной артерии: клинические варианты, классификация, принципы диагностики и лечения / В. И. Калашников // Межд. невр. ж. – 2010. – Т. 31, №1. – С. 93–99.
6. Тарабрина Н. Ю. Миорекфлекторная коррекция вестибуло-кардиальных и вестибуло-соматических реакций у единоборцев. / Н. Ю. Тарабрина, М. И. Попичев, Ю. А. Носов // Слободжанский научно-спортивный вестник. – 2010. – № 4. – Р. 86–88.
7. Garten H. Lehrbuch Applied Kinesiology. Muskelfunktion Dysfunktion Therapie / H. Garten. // URBAN & FISCHER, 2004. – 617 p.
8. А. с. 35011 Украина от 16.09.2010 Методика повышения координационных способностей у спортсменов в условиях вестибулярных нагрузок / Е. В. Мельниченко, Н. Ю. Тарабрина – заяв. 8.07.2010; опубл. 16.09.2010, Бюл. № 23.
9. Зейнаб Э. А. Электромиографические исследования влияния отдельных приемов массажа на мышечную работоспособность спортсменов: Автореф. дис. канд. пед. наук / Зейнаб Эль Алеем. М., 1967. – 22 с.
10. Горбачева Ф. Е. О шейном головокружении / Ф. Е. Горбачева, Л. А. Матвеева, М. Ю. Чучин // Русский медицинский журнал. – 2004. – Т. 12, №10. – С. 578–581.
11. Быченков С. М. Мануальная терапия и векторная тракция шейного отдела позвоночника на курортном этапе восстановительного лечения больных с сочетанной цереброспинальной сосудистой патологией: дис. ... кандидата мед. наук : 14.00.51 / Быченков Сергей Михайлович – Пятигорск, 2007. – 136 с.
12. Bradnam L. Manual cervical traction reduces alpha-motoneuron excitability in normal subjects / L. Bradnam, L. Rochester, A. Vujnovich // Electromyogr Clin Neurophysiol. – 2000. – Vol. 40, No 5. – P. 259–266.
13. Nonrabria V. Mechanism of posterior semicircular canal stimulation in patients with benign paroxysmal positional vertigo / V. Nonrabria, M. House // Acta Otolaryngol. – 2001. – No 121(2). – P. 234–240.
14. Лихачев С. А. Роль шейной проприоцептивной афферентации в механизмах компенсации вестибулярной дисфункции. Пассивный цервикоокулярный рефлекс при одностороннем поражении лабиринта / С. А. Лихачев, И. А. Склют, М. И. Склют // Вестник оториноларингологии. – 1999. – № 2. – С. 34–38.
15. Райцес В. С. Центральный контроль реакции вестибулярной системы / В. С. Райцес, А. А. Шляховенко // Успехи физиологических наук. – 1990. – Т. 21, № 2. – С. 56–68.
16. Vibration-induced ocular torsion and nystagmus after unilateral vestibular deafferentation / M. Karlberg, T. A. Swee, R. A. Black [et al.] // Brain. – 2003. – No 126. – P. 956–964.

CORRECTION MUSCLE HYPERTONE AT THE VESTIBULAR LOADS OF THE ATHLETES

Tarabrina N.Yu., Grabovskaya E.Yu.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Tavrida Academy, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: nata-tarabrina@mail.ru*

The increase of the physical working capacity in the Olympics is a very keen interdisciplinary problem which involves medicine, sport physiology and sport rehabilitation. The control of the functional condition of the athletes is impossible without systemic approach based on the analysis of individual vegetative profile which in its turn determines typological traits of adaptation towards specific physical loads.

The number of works shows that multiple combined vestibular loads in single combat cause overexcitation of afferent systems of vestibular analyzer which ends up in pattern dysfunction of vestibular-visceral and vestibular-somatic reactions.

The athletes-anaerobics, wrestlers, in particular, reveal obvious changes of the muscle tone in cervicothoracic part of the spinal column which reflectively modulate the activity of the main systems: respiratory and cardiovascular, in particular, as a result of the specific workout and competitive activity.

There is a number of modern methods which helps to correct the functional condition of mesodermal formations in somatic zones. One of them is traction myorelaxation.

The main mechanism of the action of traction implies the decrease of pathological afferentation from the cervicothoracic part of the spinal column and irritative-sympathetic innervation towards the cranial and spinal cord. The decrease of the compression of the spinal arteries from the vertebral-motor segments is also of great significance. Keeping the latter in mind many authors come to common conclusion that there is a link between the functional condition of paravertebral mesodermal formations (and reflexogenic vascular zones in particular), vegetative status of the organism and the reactions of the locomotor apparatus.

Therefore, the main task of the given work is to study the influence of the traction miorelaxation is studied, for the change of tone of muscles (MT) in the reflexogenic vascular zones in particular of spine at the vestibular loads (VL) of the athletes.

81 athletes with the qualification from the 1st grade to Master of sports of international quality ageing from 18 to 23 years were studied. The investigations were carried out in two control paradigms (series - 1 and series-2). In the series-1 the young men experienced VL in the Barani rotating chair by the Voyatchek method. In the series-2 prior to VL the young men did the physical exercises aiming at active traction-rotation myorelaxation (ATRM) of the muscles of the C3-Th8 segments during 10-15 minutes.

The results showed that the athletes that irritation of the vestibular apparatus of the subjects leads to the growth of MT of paravertebral mesodermal formations (and reflexogenic vascular zones in particular). A more pronounced effect VN identified in point VG15, to a lesser extent – at point V46. Influence ATRM manifested in the reduction of MT at the totality of the subjects. This effect is more pronounced at the point VG15.

We can suggest that substantial reduction of muscle tone in all subjects is determined by optimization of reciprocal relations in the centers of spinal cord and brain which

control antagonist muscles effected by active traction. It improves muscle coordination on the level of effector components of locomotor apparatus. On the functional model of sympathetic activation (under VL and muscle tone raise innerved by *plexus brachialis*) it is shown that pre-start ATRM complex decreases sympathetic influence on muscle tone.

Keywords: vestibular load, muscle tone, traction miorelaxation, athletes.

References

1. Sushko D.V. *Vestibularnie reakzii u sportsmenov [Vestibular reaction of sportsmen]* 248 p. (Simferopol, Feniks, 2005).
2. Kurashvili A.E., Babiyak V.I. *Phiziologicheskie funkzii vestibuliarnoi sistemi*, 279 p. (Medicine [Medicine], Leningrad, Medicine, 1975).
3. Brooks S.V., Fauekner J.A. Forees and powers of slow and fast skeletal muscles in mice during repeated contractions, *J Physiol.*, **436**, 701 (1991).
4. Stefanidi A.V. *Mishechno-fascialnie bolevie sindromy (kinicheskie varianty, mekhanizmi razvitiya, lechenie [Musle-fascial painful syndromes (clinical versions, mechanisms development, treatment)]*, 360 p. (Doct. Diss., St. Petersburg, 2009).
5. Kalashnikov V.I. Sindrom pozvonochnoy arterii: kinicheskie varianty, klssificaziya, prinzipy diagnostiki i lecheniya, *Megdunarodniy nevrologicheskiy zhurnal [International neurological magazine]*, **31**, **1**, 93 (2010).
6. Tarabrina N.Yu., Popichev M.I., Nosov Yu.A. Miorefleksionnaya korrekziya vestibulo-kardial'nikh i vestibulo-somaticheskikh reakzii u edinobortzev, *Slobozhans'kij naukovno-sportivnij visnik [Slobozhansky scientific and sport bulletin]*, **4**, 86 (2010).
7. Garten H. *Lehrbuch Applied Kinesiology. Muskelfunktion Dysfunktion Therapie*, 617 p. (URBAN & FISCHER, 2004).
8. A. s. 35011 Ukraine from 16.09.2010. Melnichenko E.V., Tarabrina N.Yu. Metodica zvizhennya kordinatziinikh zdibnostey u sportsmeniv v umovakh vestibuliarnikh navantajen' [Method of increase of coordinating capabilities for sportsmen in the conditions of the vestibular loadings], 16.09.2010, Bul. № 23.
9. Zeinab E.A. *Elektromiograficheskie issledovania vliyaniya odelnikh priimov massaja na mishechnuy rabotosposobnost' sportsmenov [Electro-miographical research of separate methods of massage on muscle working capability of sportsmen]* 22 p. (Cand. Diss., Moskow, 1967).
10. Gorbacheva F.E. O sheinom golovokruzhenii, *Russkiy medicinskiy zhurnal [Russian medical magazine]*, **12**, **10**, 578 (2004).
11. Bitchenkov S.M. *Manual'naya terapiya i vektornaya traktsiya sheinogo otdela pozvonochnica na kurortnom etape vosstanovitel'nogo lecheniya bolnikh s sochetannoi cerebrosposinalnoi sosudistoi patologiei [Manual therapy and vectory traction neck on the rest stage restbilisationaly treatment patient with connected cerebra-spinal vascular pathology]* 136 p. (Cand. Diss., Piatigorsk, 2007).
12. Bradnam L., Rochester L., Vujnovich A. Manual cervical traction reduces alpha-motoneuron excitability in normal subjects, *Electromyogr Clin Neurophysiol*, **40**, **5**, 259 (2000).
13. Honrabria V., House M. Mechanism of posterior semicircular canal stimulation in patients with benign paroxysmal positional vertigo, *Acta Otolaryngol*, **121**(2), 234 (2001).
14. Likhatchev S.A., Slut I.A., Slut M.I. Rol' sheynoy propriotzeptivnoy afferentazii v mekhanizmah kompensazii vestibuliarnoi disfunkzii. Passivnij zervikookuliarnij reflex pri odnostoronnem porazhenii labirinta, *Vestnik otolaringologii [Bulletin otolaryngol]*, **2**, 34 (1999).
15. Raizes V.S., Shliakhovenko A.A. Zentral'niy kontrol' reakzii vestibuliarnoi sistemi, *Uspehi phiziologicheskikh nauk. [Successes of physiological sciences]*, **21**, **2**, 56 (1990).
16. Karlberg M., Swee T.A., Black R.A. [et al.] Vibration-induced ocular torsion and nystagmus after unilateral vestibular deafferentation, *Brain*, **126**, 956 (2003)

Поступила в редакцию 05.11.2015 г.

УДК 612.014.42:595.123

КОРРЕКЦИЯ ЭКРАНИНДУЦИРОВАННОГО ДЕСИНХРОНОЗА У ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA* НИЗКОИНТЕНСИВНЫМ ПЕМП КРАЙНЕ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Темурьянц Н. А.¹, Чуян Е. Н.¹, Ярмолюк Н. С.¹, Туманянц К. Н.¹, Костюк А. С.²

¹Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь,
Республика Крым, Россия

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина
E-mail: timur328@gmail.com

Обнаружено, что в условиях умеренного ослабления геомагнитного поля Земли, вызванного электромагнитным экранированием, у планарий *Dugesia tigrina* развивается десинхроноз, проявляющийся в изменении амплитуд и фаз выделенных с помощью косинор-анализа периодов инфрадианного диапазона в динамике скорости движения животных. Дополнительное воздействие на планарий, находящихся в условиях ослабленного геомагнитного поля, ПемП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл нивелирует экранообусловленные изменения инфрадианной ритмики скорости движения планарий. Полученные данные подтверждают полученные ранее результаты экспериментов, проведенных на моллюсках, о способности ПемП крайне низкой частоты лимитировать развитие экраноиндуцированного десинхроноза.

Ключевые слова: электромагнитное экранирование, переменное магнитное поле крайне низкой частоты, планарии, скорость движения, десинхроноз, инфрадианная ритмика.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение феноменологии и механизмов действия электромагнитных факторов при их низкой интенсивности является актуальной проблемой экологической физиологии. Для этого используются как эксперименты с их активным воздействием, так и опыты с ослаблением геомагнитного поля (ГМП), достигаемым электромагнитным экранированием (ЭМЭ). Ранее нами было установлено, что умеренное снижение интенсивности постоянной и переменной компонент ГМП вызывает существенные изменения функционального состояния животных [1]. В частности, нами показаны изменения ноцицепции у беспозвоночных и позвоночных животных [2, 3], стимуляция регенерации планарий *Dugesia tigrina* в таких условиях [4].

Установлено также, что в условиях умеренного ЭМЭ изменяется поведение животных: развивается депрессивноподобное поведение, возрастает внутривидовая и межвидовая агрессивность, снижается их половая мотивация и т. д. [5]. При изменениях разнообразных показателей функционального состояния животных во всех случаях диагностировано нарушение ритмики регистрируемых процессов – десинхроноз. Таким образом, в условиях ЭМЭ развивается ряд неблагоприятных изменений функционального состояния животных. Некоторые из них, например,

изменения поведения, являются риском развития социально опасных состояний. Так как согласно Ю. Г. Григорьеву (1995) ЭМЭ достаточно широко распространено, необходима разработка средств и методов снижения его неблагоприятных последствий. Помимо методов гигиенического нормирования возможна разработка способов с применением различных дополнительных воздействий. Так, в нашей лаборатории показано, что дополнительное воздействие на животных низкоинтенсивного ПеМП частотой 8 Гц интенсивностью 50 нТл снижает гипералгетический эффект экранирования, начальное угнетение опиоидной системы у моллюсков, а также устраняет развитие у последних десинхроноза. Однако для распространения полученных выводов на других животных необходимы дальнейшие исследования. В связи с изложенным целью исследования явилось изучение возможности коррекции ритмики инфранианного диапазона у планарий *Dugesia tigrina* с помощью ПеМП частотой 8 Гц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использовали лабораторную бесполоую расу планарий *Dugesia tigrina*, любезно предоставленную Институтом биофизики клетки РАН, а в настоящее время успешно культивируемую в Таврической академии КФУ имени В. И. Вернадского. Условия культивирования полностью соответствуют таковым в Институте Биофизики клетки РАН [6]. Исследования проведены с соблюдением принципов биоэтики в соответствии с международными принципами Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или других научных целей (Directive 2010/63/EU, Страсбург, 2010) [7] под контролем комиссии по биоэтике КФУ имени В. И. Вернадского.

Для экспериментов отбирали животных длиной $\approx 9 \pm 1$ мм, у которых движение осуществляется за счет ресничек, а не мускулатуры [8].

Планарий отбирали для опыта через три-четыре дня после кормления. Каждое животное помещалось в отдельный флакон с 20 мл воды, что позволило регистрировать скорость движения (СД) каждой отдельно взятой планарии. Для эксперимента было выделено четыре группы животных по 25 особей. Первая группа содержалась в обычных условиях лаборатории (контрольные животные), вторую содержали в экранирующей камере в течение шестнадцати дней по 21 часу в сутки, животные третьей группы по три часа в день подвергались воздействию ПеМП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл вне камеры, а четвертую группу составили планарии, которые находились в условиях ЭМЭ и дополнительно подвергались действию ПеМП СНЧ одновременно с животными третьей группы.

О реакции планарий на действие электромагнитных факторов судили по изменению их СД. Выбор этого параметра функционального состояния для исследований обусловлен тем, что электромагнитные факторы различных параметров изменяют аппарат движения – реснички, жгутики [9], а также структуру основного белка ресничек – тубулина [10].

Для анализа поведенческих реакций планарий необходимо получить их исходные изображения с достаточно высоким качеством. Для этого применяли комплекс оборудования, включающий видеокамеру Sun Kwang (модель SK-2046,

размер датчика 1/3 дюйма, 570 телевизионных линий), смонтированную на окуляре бинокулярного микроскопа «МБС-10». Через видеотюннер Kworld (разрешение 640 × 480) изображение передавали на персональный компьютер. Обработку и анализ результатов осуществляли с помощью пакета программного обеспечения «Image-Pro».

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 [11].

Ослабление фонового электромагнитного поля (ЭМП) достигалось применением экранирующей камеры размером 2×3×2 м, изготовленной из двухслойного железа «Динамо». Коэффициент экранирования B_{DC} , измеренный с помощью феррозондового магнитометра, составляет для вертикальной составляющей 4,4, для горизонтальной – 20. Измерялась также спектральная плотность магнитного шума в камере как в области ультранизких (от 2×10^{-4} Гц до 0,2 Гц), так и в области радиочастот (от 15 Гц до 100 кГц). В области сверхнизких частот измерения производились с помощью феррозондового магнитометра в паре со спектроанализатором, в области радиочастот – индукционным методом. Внутри камеры для частот выше 170 Гц и в области частот от 2×10^{-3} до 0,2 Гц уровень спектральной плотности магнитного шума ниже 10 нТл/Гц^{0.5}. Коэффициент экранирования камеры на частотах 50 и 150 Гц порядка трех. В области частот от 150 Гц до 100 кГц происходит слабое экранирование, тогда как на частотах больше 1 МГц имело место полное экранирование.

Таким образом, в нашем исследовании имело место умеренное ослабление как постоянной, так и переменной компонент магнитного поля Земли, в отличие от значительных (100 и более раз) уменьшений таковых, применяемых в подавляющем большинстве исследований [12–14].

Нами использовалось ПемП частотой 8 Гц и индукцией 50 нТл. Выбранная частота является фундаментальной частотой ионосферного волновода [15], а, кроме того, близка к частоте некоторых биоритмов [16]. Величину магнитной индукции выбирали с таким расчетом, чтобы 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 распространить сделанные выводы на достаточно широкий диапазон интенсивностей ПемП [17, 18]. Кроме того, учитывалось, что для такой интенсивности поля физиологические эффекты надежно воспроизводятся [19]. Применялись многократные трехчасовые экспозиции ПемП, которые проводились ежедневно с 8 до 11 ч утра.

ПемП создавалось кольцами Гельмгольца диаметром 1 м, с неравномерностью поля в зоне расположения животных менее 5 %. Источником сверхнизкочастотного тока синусоидальной формы служил генератор ГРМ-3. Контроль за протеканием тока через кольца осуществлялся непрерывно с помощью миллиамперметра М2020

и осциллографа Н-303. Оценка всех составляющих погрешностей амплитуды позволила поддерживать амплитуду и частоту ПеМП с точностью не ниже 3.5 % от их номинального значения.

Было использовано две установки генерации ПеМП КНЧ. Одна из них помещалась в центре экранирующей камеры для воздействия на животных, находящихся в экранируемом пространстве, другая находилась в лаборатории и использовалась для воздействия ПеМП на контрольных животных.

В качестве метода нахождения спектральных характеристик изучаемых показателей для каждой планарии отдельно использовали косинор-анализ [20], который применяется в исследованиях ритмики различной продолжительности, и этот анализ заключается в том, что вначале методом наименьших квадратов вычисляются значения амплитуды для каждой индивидуальной хронограммы, а затем для исследуемой выборки животных находят средние значения спектральных параметров и их ошибки средних.

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 Microsoft Excel [21].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У планарий, так же как у позвоночных и человека, обнаружена сложная временная организация. Согласно полученным нами данным важным её компонентом является и инфрадианная ритмика. Косинор-анализ позволил выявить набор инфрадианных ритмов, включающий в себя периоды $\approx 2^d,3$ (2,2–2,4); $\approx 3^d,3$ (3,3–3,8) и $\approx 8^d,0$ (7,1–8,0). Выявленные в настоящем исследовании ритмы обнаружены в деятельности различных биологических систем на всех уровнях организации [22–26], а также в вариациях геофизической активности [27, 28]. Периоды такой же продолжительности выявлены и у регенерирующих планарий [29]. Однако амплитуды выделенных ритмов СД значительно превышали таковые индекса регенерации планарий. Экспоненциальный анализ спектров периодов СД выявил тенденцию к увеличению амплитуд с возрастанием продолжительности периода. Доминирующим периодом является период $8^d,0$ с амплитудой $0,023 \pm 0,003$ усл.ед. (табл. 1).

Как показали проведенные исследования, пребывание животных в условиях умеренного ЭМЭ влечет за собой изменения инфрадианной периодичности СД нерегенерирующих планарий. Эти изменения заключались в существенном изменении структуры спектра, который, как и у животных контрольной группы, состоял из трех периодов, однако вместо периода $8^d,0$ появился период $4^d,8$. Обращает на себя внимание выраженный сдвиг фаз в выявленных периодах. В периоде $2^d,3$ фаза сдвигалась на $262,6^\circ$ ($p < 0,01$) (рис. 1), в периоде $3^d,8$ – на 54° ($p < 0,05$).

Таблица 1.

Данные косинор-анализа динамики скорости движения нерегенерирующих планарий *Dugesia tigrina* контрольной группы и животных, подвергнутых изолированному и комбинированному с электромагнитным экранированием действию ПемП КНЧ

Параметры ритма	Группы животных			
	Контроль	ЭМЭ	ПемП	ПемП+ЭМЭ
	1	2	3	4
Период (сутки)	2,3	2,3	2,3	2,3
Амплитуда (усл.ед.)	0,017±0,002	0,015±0,002	0,015±0,001	0,016±0,001
Фаза (радианы)	1,180±0,096	5,763±0,112 P ₁₋₂ <0,01	0,917±0,023 P ₂₋₃ <0,01	1,233±0,084 P ₂₋₄ <0,01
Период (сутки)	3,3	3,8	3,3	3,8
Амплитуда (усл.ед.)	0,017±0,001	0,016±0,002	0,013±0,002	0,013±0,001
Фаза (радианы)	2,254±0,173	1,311±0,094 P ₁₋₂ <0,05	0,037±0,012 P ₁₋₃ <0,01	3,115±0,075 P ₂₋₄ <0,05 P ₃₋₄ <0,05
Период (сутки)	---	4,8	---	---
Амплитуда (усл.ед.)	---	0,019±0,002	---	---
Фаза (радианы)	---	4,931±0,263	---	---
Период (сутки)	8,0	---	7,1	8,0
Амплитуда (усл.ед.)	0,023±0,003	---	0,025±0,003	0,027±0,002
Фаза (радианы)	4,180±0,315	---	2,751±0,126 P ₁₋₃ <0,01	3,182±0,183 P ₃₋₄ <0,05

Примечание: P – достоверность различий сравниваемых групп.

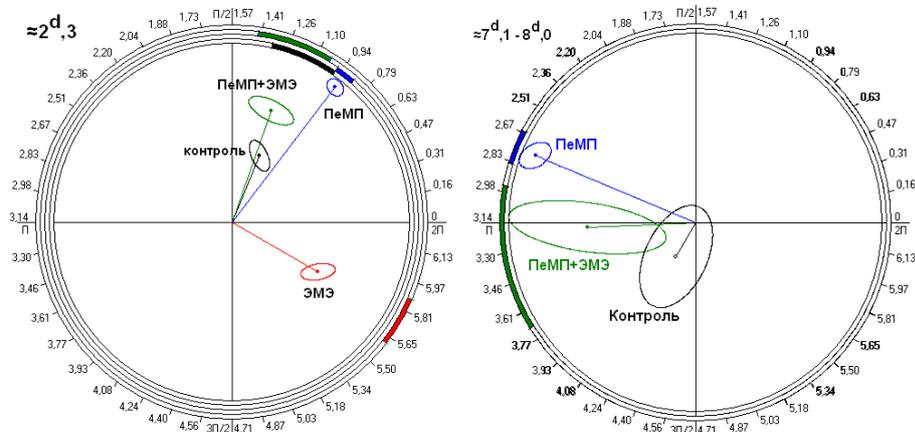


Рис.1. Косинорограммы периодов $\approx 2^d,3$ и $\approx 7^d,1-8^d,0$ СД планарий контрольной группы, животных, находящихся в условии электромагнитного экранирования, влияния ПемП СНЧ и воздействия ПемП СНЧ на животных, находящихся в условиях ЭМЭ.

Такие изменения выделенных спектров ИР СД нерегенерирующих планарий свидетельствуют о том, что в условиях ЭМЭ у последних развивается десинхроноз.

Как свидетельствуют литературные данные, ЭМЭ вызывает изменения биологической ритмики различных диапазонов. Наиболее документированы изменения циркадианной ритмики при пребывании человека [30] и животных [31] в условиях искусственного ослабления ГМП, а также в природных экранах (пещерах) и подводных лодках [32–34].

Описаны также характерные для десинхроноза изменения ритмики ультрадианного диапазона [35] у животных, находящихся в условиях ЭМЭ. При исследовании изменений ритмики циркадианного и ультрадианного диапазонов обнаружены прогрессирующие с длительностью пребывания в условиях ЭМЭ нарушения ритмических процессов. В настоящем исследовании нами получены данные, свидетельствующие о развитии десинхроноза в условиях ЭМЭ и на основе анализа изменений инфрадианной ритмики.

Десинхроноз вызывает и воздействие на животных ПеМП частотой 8 Гц индукцией 50 нТл. Состав спектра СД планарий, подвергавшихся действию ПеМП частотой 8 Гц, не отличался от такового животных контрольной группы, однако во всех выделенных периодах зафиксирован сдвиг фаз относительно данных контрольной группы (табл.1).

Обнаружены и изменения внутрисуточной и циркадианной ритмики, например, процессов перекисного окисления липидов, обмена тиоловых групп и липидов в головном мозге мышей, а также биохимических процессов в системе крови при воздействии слабого ПеМП в диапазоне частот 0,008-80 Гц индукцией 30 мкТл [36, 37]. В данных работах изменения ритмики зависели от частоты воздействующего поля.

Пример изменения мезоритмов содержится в работе Е.В. Архангельской (1992). Ею обнаружены изменения многодневных ритмов условно-рефлекторной деятельности крыс под влиянием слабых ПеМП частотой 8 Гц (индукция 1 мкТл).

Как показано в перечисленных работах, характер влияния ПеМП на биологическую ритмику зависит от исходного состояния организма: если ПеМП действует на животных, у которых имеет место десинхроноз любого генеза, изменения ритмики модифицируются.

При дополнительном воздействии ПеМП частотой 8 Гц на животных, находящихся в условиях ЭМЭ, не выявлено заметных отличий спектра инфрадианной ритмики СД нерегенерирующих планарий от такового контрольных животных, за исключением тенденции к увеличению амплитуды периода $\approx 8^d,0$. В то же время этот спектр существенно отличался от спектра животных, находящихся в условиях ЭМЭ.

Таким образом, нами показано, что ПеМП СНЧ нивелирует изменения ИР СД планарий, обусловленных экранированием. Как свидетельствуют данные литературы, ПеМП частотой 8 Гц корригирует изменения ритмики, вызванные другими причинами. Например, ранее была показана способность ПеМП корригировать изменения ИР показателей системы крови крыс, чья двигательная активность ограничивалась (гипокинезия) [38]. Кроме того, оказалось, что ПеМП частотой 8 Гц

значительно корректирует изменения ноцицепции у моллюсков, находившихся в условиях ФМЭ [39].

Полученные данные могут быть полезны для разработки биорегенеративных систем жизнеобеспечения в условиях ЭМЭ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При комбинированном действии ЭМЭ и ПеМП частотой 8 Гц на нерегенерирующих планарий регистрируются изменения временной организации скорости движения, отличные от изменений, вызванных их изолированным действием. Наблюдается нивелирование экранообусловленных изменений ИР, десинхронизация не развивается.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках базовой части государственного задания № 2015/701 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Обоснование применения оздоровительно-превентивных технологий на основе действия низкоинтенсивных факторов различной природы».

Список литературы

1. Specific Features of the Planarian *Dugesia tigrina* Regeneration and Mollusk *Helix albenscens* Nociception under Weak Electromagnetic Shielding / N. A. Temur'yants, N. A. Demtsun, A. S. Kostyuk and N. S. Yarmolyuk // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. – 2012. – Vol. 48, No. 7 – P. 761-770.
2. Temuryants N. A. Role of the opioid system in the modulation of thermonociceptive sensitivity of mollusks affected by weak electromagnetic factors / N. A. Temuryants, A. S. Kostyuk // *Neurophysiology* – 2012 – V. 43, № 5 – P. 355–364.
3. Темурьянц Н. А. Участие мелатонина в изменении ноцицепции моллюсков и мышей при длительном электромагнитном экранировании / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк, К. Н. Туманянц // *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова* – 2013 – Т. 99, № 11 – С. 1333–1341.
4. Темурьянц Н. А. Сезонные различия регенерации планарий в условиях многодневного электромагнитного экранирования / Н. А. Темурьянц, Н. А. Демцун // *Биофизика* – 2010. – Т. 55, вып. 4. – С. 710–714.
5. Темурьянц Н. А. Электромагнитное экранирование изменяет поведение крыс / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк, К. Н. Туманянц // *Журнал высшей нервной деятельности*. – 2015. – Том 65, № 2. – С. 222–229.
6. 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.
7. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123). Заключена в г. Страсбурге 18 марта 1986 г. Гл. III, ст. 6. Режим доступа: base.garant.ru/4090914.
8. Шмидт-Нильсен К. Физиология животных: приспособление и среда / Шмидт-Нильсен К. – М: «Мир», 1982. – Т.2. – С. 555–643.
9. Денисенкова И. В. Стимулированная локомоторная активность планарии *Dugesia tigrina* в естественном магнитном поле и при его компенсации / И. В. Денисенкова, Г. М. Пискунова, Н. К. Чемерис // *Вестник новых медицинских технологий* – 1997. – Т.4, № 4. – С. 56–60
10. Tubulin assembly is disordered in a hypogeomagnetic field / Dong Liang Wang, Xing Sheng Wang, Rong Xiao [et al.] // *Biochemical and Biophysical Research Communications*. – 2008. – Vol. 376. – P. 363–368.
11. 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.
12. Дубров А. П. Геомагнитное поле и жизнь. / Дубров А. П. – Л. Гидрометеоздат. – 1974.
 13. Asashima M. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Cynops pyrrhogaster*. / M. Asashima, K. Shimada, C.J. Pfeiffer // *Bioelectromagnetics*. – 1991 – 12 (4) – P. 215–224.
 14. Mo Wei-Chuan. A biological perspective of the hypomagnetic field: from definition towards mechanism. / Mo Wei-Chuan, Liu Ying, He Rong-Qiao // *Progress in Biochemistry and Biophysics*. – 2012 – 39 (9) – P. 835–842.
 15. Schumann W. O. Uber die Dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphäre / W. O. Schumann // *Naturwissenschaft*. – 1982. – No 7a. – P. 250–254.
 16. Ашофф Ю. Биологические ритмы / Ашофф Ю. – М.: Мир, 1984. – Т. 1. – 176 с.
 17. Adey W. R. Frequency and power window in tissue interactions with weak electromagnetic fields / Adey W. R. // *Proc. IEEE*. – 1980. – Vol. 68, Is.1. – P. 119.
 18. 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.
 19. Темуриянц Н. А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. / Темуриянц Н. А., Владимирский Б. М., Тишкин О. Г. – Киев: Наук. думка, 1992. – 187 с.
 20. Емельянов И. П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И. П. – Новосибирск: Наука, 1976. – 127 с.
 21. 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.
 22. Чиркова Э. Н. Месячные и суточные биоритмы амилазы сыворотки крови здоровых мужчин и их связь с ритмами внешней среды / Э. Н. Чиркова, Л. С. Суслов, М. М. Баменко [и др.] // *Лабораторное дело*. – 1990. – Т. 4. – С. 40–44.
 23. Шабатура Н. Н. Механизм происхождения инфраничных биологических ритмов / Н. Н. Шабатура // *Успехи физиол. наук*. – 1989. – Т. 20, №3. – С. 83–103.
 24. Chronobiological analysis of peripheral lymphocyte dehydrogenase activities in rats with Walker 256 carcinosarcoma (English) / L. Strigun, E. Chirkova, G. Grigoreva [et al.] // *Anti-Cancer Drugs*. – 1991. – Vol. 2. – P. 305–310.
 25. Диатроптов М.Е. Инфраничные ритмы морфофункционального состояния тимуса у крыс. / М. Е. Диатроптов, М. В. Кондашевская, О. В. Макарова // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. – 2013. – Т. 99, № 6. – С. 729–736.
 26. Диатроптов М. Е. Морфофункциональные параметры эндокринной и иммунной системы и пролиферативная активность эпителия в инфраничном диапазоне биоритмов: диссертация ... доктора биологических наук: 03.03.04 / Диатроптов Михаил Евгеньевич [ФГБУ «НИИ морфологии человека»]. – Москва, 2015. – 263 с.
 27. Бобова В. П. Спектры колебаний АЕ-индекса и глобальные осцилляции Солнца: диапазон периодов 200–420 минут / В. П. Бобова // *Магнитосферные исследования* – 1989. – Т. 3, № 10. – С. 86–95.
 28. Чичельницкий А. М. Волновая структура, квантование и мегаспектроскопия солнечной системы / Чичельницкий А. М. – М.: Машиностроение, 1986. – С. 57–74.
 29. Демцун Н. А. Особенности инфраничной ритмики скорости движения регенерирующих планарий в различные сезоны года / Н. А. Демцун // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология. Химия»* – 2009. – Т. 22 (61), №4. – С. 41–49.
 30. Горелкин А. Г. Медленные колебательные процессы при геомагнитном экранировании / А.Г. Горелкин, А. В. Трофимов // *Проблемы ритмов в естествознании материалы второго международного симпозиума*. – Москва, 2004. — С. 111–113.
 31. Бородин Ю. И. Реакция циркадианных ритмов лимфоидной системы на глубокое экранирование от геомагнитного поля Земли / Ю. И. Бородин, А. Ю. Летягин // *Бюллетень экологической биологии и медицины*. – 1990. – № 2. – С. 191–193.
 32. Сапов И. А. Физиологическое обеспечение походов подводных лодок / И. А. Сапов, А. С. Солодков // *Военно-медицинский журнал*. – 1970. – № 10. – С. 66–69.
 33. Сифр М. В безднах земли / М. Сифр – М.: Прогресс, 1982. – 237 с.

34. Wever R. Einfluss schwacher elektro-magnetischer felder auf die circadian periodic des menschen / R. Wever // *Naturwissenschaften* – 1968. – Vol. 55. – P. 29–32.
35. Ярмолюк Н. С. Реакции планарий *Dugesia tigrina* на действие электромагнитных факторов (биоритмологический анализ) / Н. С. Ярмолюк, Н. А. Темурьянц // Монография. [Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing.] – 2012. – 169 с.
36. Мартынюк В. С. К вопросу о синхронизирующем действии сверхнизкочастотных магнитных полей на биологические системы / В. С. Мартынюк // *Биофизика*. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 569–573.
37. Мартынюк В. С. Влияние слабых электромагнитных полей крайне низких частот на ультрадианную ритмику физиологических процессов / В. С. Мартынюк, С. Б. Мартынюк // *Материалы симпозиума «Корреляции биологических и физико-химических процессов с солнечной активностью и другими факторами окружающей среды»*. – Пущино. – 1993. – С. 115–116.
38. Темурьянц Н. А. Влияние слабых переменных магнитных полей крайне низких частот на инфрадианную ритмику симпато-адреналовой системы крыс / Н. А. Темурьянц, В. Б. Макеев, В. И. Малыгина // *Биофизика*. – 1992. – Т. 37, №4. – С. 653–655.
39. Темурьянц Н. А. Переменное магнитное поле частотой 8 Гц корректирует активность опиоидной системы у моллюсков в условиях ферромагнитного экранирования / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2014. – № 3. – С. 45–50.

CORRECTION OF SHIELD-INDUCED DESYNCHRONOSIS IN PLANARIANS *DUGESIA TIGRINA* BY LOW-INTENSIVE VMF EXTREMELY LOW FREQUENCY

Temuryants N.A.¹, Chuyan E.N.¹, Yarmolyuk N.S.¹, Tumanyants K.N.¹, Kostyuk A.S.²

¹Crimean Federal V.I. Vernadsky University, Simferopol, Russian Federation

²Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kiev, Ukraine

E-mail: timur328@gmail.com

The study of phenomenology and mechanisms of action of electromagnetic factors in their low intensity is an actual problem of environmental physiology. For this purpose both experiments with their active influence and experiments are used with weakening of the geomagnetic field (GMF) achieved by the electromagnetic shielding. It was before set by us, that moderate decrease of intensity permanent and variable the component of GMF causes the significant changes in the functional state of animals. In particular, we have shown the changes of nociception for invertebrates and vertebrates, stimulation of regeneration in planarians *Dugesia tigrina* in such terms.

Found out development of desynchronization in planarians *Dugesia tigrina* in the conditions of the moderate weakening of the GMF of Earth, caused by the electromagnetic shielding, it appears to change of the amplitudes and phases, distinguished by means of spectral and cosinor analyzes of periods infradian range in the dynamics of speed of movement in animals. Additional influence of variable magnetic field frequency of 8 Hz induction 50 nT reduces the shielding-induced changes of infradian rhythmicity of speed of movement in planarians

The obtained data confirm the earlier results of experiments carried out in the, the ability of variable magnetic field frequency of extremely low frequency to correct of shielding-induced desynchronization.

Keywords: electromagnetic shielding, variable magnetic field of extremely low frequency, planarians, speed of movement, desynchronosis, infradian rhythmicity.

References

1. Temur'yants N.A., Demtsun N.A., Kostyuk A.S. and Yarmolyuk N.S. Specific Features of the Planarian *Dugesia tigrina* Regeneration and Mollusk *Helix albescens* Nociception under Weak Electromagnetic Shielding, *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, **48**, **7**, 761 (2012)
2. Temuryants N.A., Kostyuk A.S. Role of the opioid system in the modulation of thermnociceptive sensitivity of mollusks affected by weak electromagnetic factors, *Neurophysiology*, **43**, **5**, 355 (2012).
3. Temuryants N.A., Kostyuk A.S., Tuman'yants K.N. Melatonin involved in change of nociception of snails and mice under influence of long-term electromagnetic shielding, *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*, **99**, **11**, 1333 (2013).
4. Temuryants N.A., Demtsun N.A. Seasonal differences in the planarian regeneration conditions, electromagnetic shielding multi-day, *Biophysics*, **55**, **4**, 710 (2010).
5. Temuryants N.A., Kostyuk A.S., Tuman'yants K.N. Electromagnetic shielding modifies the behavior of rats, *Journal higher nervous activity*, **65**, **2**, 222 (2015).
6. Demtsun N.A., Temuryants N.A., Baranova M.M. Dynamic speed planarians regenerated under electromagnetic shielding, *Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series «Biology, chemistry»*, **22** (**61**), **2**, 24 (2009).
7. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS № 123). It concluded in Strasbourg March 18, 1986 Ch. III, Art. 6. Access: base.garant.ru/4090914.
8. Schmidt-Nielsen K. Animal physiology: adaptation and the environment, **2**, 555 (M: "Mir", 1982).
9. Denisenkova I.V., Piskunov G.M., Chemeris N. Stimulated locomotor activity planarian *Dugesia tigrina* in the natural magnetic field and its compensation, *Bulletin of new medical technologies*, **4**, **4**, 56 (1997).
10. Dong Liang Wang, Xing Sheng Wang, Rong Xiao [et al.] Tubulin assembly is disordered in a hypogeomagnetic field, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **376**, 363 (2008).
11. Patent number 98095 Ukraine MPK51 A 01 K 61/00. A method of determining the speed of intact and regenerating planarians / Temuryants N.A., Baranova M.M., Demtsun N.A.; the applicant and the right holder Tauride National University. Vernadsky. - № U 200908540; appl. : 13.08.2009; publ. 10.03.2010, Byul.№5.
12. Dubrov A.P. *The geomagnetic field and the life*. (L. Gidrometeoizdat. 1974).
13. Asashima M., Shimada K., Pfeiffer C. J. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt, *Cynops pyrrhogaster*, *Bioelectromagnetics*, **12** (**4**), 215 (1991).
14. Mo Wei-Chuan, Liu Ying, He Rong-Qiao. A biological perspective of the hypomagnetic field: from definition towards mechanism, *Progress in Biochemistry and Biophysics*, **39** (**9**), 835 (2012).
15. Schumann W.O. Uber die Dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphere, *Naturwissenschaft*, **7a**, 250 (1982).
16. Aschoff Yu. *Biological rhythms*, **1**, 176 (Moscow: Mir, 1984).
17. Adey W.R. Frequency and power window in tissue interactions with weak electromagnetic fields, *Proc. IEEE*, **68**, **1**, 119 (1980).
18. Makeyev V.B., Temuryants N.A. Investigation of frequency dependence of the biological effectiveness of the magnetic field in the range of the geomagnetic field (0.01-100 Hz), *Problems. cosmic. Biology*, **43**, 116 (1982).
19. Temuryants N.A., Vladimirsky B.M., Tishkin O.G. *ELF electromagnetic signals in the biological world*. 187 pp. (Kiev: Science. Dumka, 1992).
20. Emelyanov I.P. *Waveforms in biorhythmology*, 127 p (Nauka, Novosibirsk, 1976).
21. Lapach S.N., Chubenko A.V., Babich P.N. Statistical methods in biomedical research using Excel, 319 p. (By: Modmon, 2000).
22. Chirkova E.N., Suslov L.S., Bamenko M.M. [et al.] Monthly and daily biorhythms amylase serum of healthy men and their relationship with the rhythms of the environment, *Laboratory business*, **4**, 40 (1990).

23. Shabaturo N.N. The mechanism of the origin of biological rhythms infradian, *Advances Fiziol. Sciences*, **20**, **3**, 83 (1989).
24. Strigun L., Chirkova E., Grigoreva G. [et al.] Chronobiological analysis of peripheral lymphocyte dehydrogenase activities in rats with Walker 256 carcinosarcoma (English), *Anti-Cancer Drugs*, **2**, 305 (1991).
25. Diatropov M.E., Kondashevskaya M.V., Makarova O.V. Infradian rhythms morphofunctional state of thymus in rats, *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*, **99**, **6**, 729 (2013).
26. Diatropov M.E.. Morphological and functional parameters of the endocrine and immune systems and the proliferative activity of the epithelium in the range infradian biorhythms: the dissertation ... Doctors of medical sciences: 03.03.04 / Diatropov M.E.; [a protection Place: the State Organization "Institute of Human Morphology"], 263 p. (Moscow, 2015).
27. Bobowa V.P. The oscillation spectrum of AE index and global oscillations of the Sun: the period range 200 - 420 minutes, *Magnetospheric research*, **3**, **10**, 86 (1989).
28. Chichelnitsky A.M. *The wave structure, quantization and Megaspectroscopy solar system*, P. 57. (M.: Engineering, 1986).
29. Demtsun N.A. Features infradian rhythm regenerating planarians speed in different seasons, *Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University, Series «Biology. Chemistry»*, **22** (**61**), **4**, 41 (2009).
30. Gorelkin A.G., Trofimov A.V. Slow oscillatory processes in the geomagnetic shielding, *Rhythm problems in natural materials of the second international symposium*, P. 111. (Moscow, 2004).
31. Borodin Yu.I., Letyagin Yu. The reaction of the lymphoid system of circadian rhythms on a deep screening of the Earth's geomagnetic field, *Bulletin of Environmental Biology and Medicine*, **2**, 191 (1990).
32. Sapov I.A., Solodkov A.S. Physiological software hikes submarines, *Military Medical Journal*, **10**, 66 (1970).
33. Sifre M. *Depths of the earth*, 237 p. (M.: Progress, 1982).
34. Wever R. Einfluss schwacher elektro-magnetischer felder auf die circadian periodic des menschen, *Naturwissenschaften*, **55**, 29 (1968).
35. Yarmolyuk N.S., Temuryants N.A. *Reactions planarian Dugesia tigrina on the effect of electromagnetic factors (biorythmological analysis)*, 169 p. (Monograph. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2012).
36. Martynyuk V.S. On the issue of synchronizing the action of ELF magnetic fields on biological systems, *Biophysics*, **37**, **4**, 569 (1992).
37. Martynyuk V.S., Martyniuk S.B. Effect of weak electromagnetic fields of extremely low frequencies in the ultradian rhythms of physiological processes, *Proceedings of the symposium "The correlation of biological and physico-chemical processes in solar activity and other environmental factors."*, 115 (Pushchino, 1993).
38. Temuryants N.A., Makeev V.B., Malygina V.I. Effect of weak alternating magnetic fields at extremely low frequencies infradian rhythm sympathoadrenal of rats, *Biophysics*, **37**, **4**, 653 (1992).
39. Temuryants N.A., Kostyuk A.S. The alternating magnetic field at 8 Hz corrects the activity of opioid system in molluscs in a ferromagnetic screening, *Aerospace and Environmental Medicine*, **3**, 45 (2014).

Поступила в редакцию 01.11.2015 г.

УДК 591.524.11:574(262.5)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОРТОВЫХ АКВАТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Тихонова Е. А., Соловьёва О. В.

*ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Республика Крым, Россия
E-mail: tihonova@mail.ru*

Проанализирован ряд индексов, характеризующих бентосное сообщество для экологических исследований портовых акваторий, в частности для Севастопольской бухты (Чёрное море). Наиболее репрезентативными для нашего региона являются показатели биомассы, численности и видового разнообразия. Корреляционные зависимости между анализируемыми параметрами и концентрацией загрязняющих веществ ранее были установлены для хлороформ-экстрагируемых веществ, тогда как для нефтяных углеводородов таковые отсутствовали. В настоящей работе был проведён соответствующий анализ. Ни один из приведённых методов не дал однозначной оценки качества среды и состояния биоты. Чувствительными видами, для которых были установлены зависимости, оказались двустворчатые моллюски.

Ключевые слова: биологические индексы, макрозообентос, мониторинговые исследования, хлороформ-экстрагируемые вещества, нефтяные углеводороды.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире используется свыше 60 методов мониторинговых исследований водной среды, включающих различные характеристики бентосного сообщества [1]. В зависимости от рассматриваемых параметров макрозообентоса или применяемого математического аппарата эти методы А. И. Бакановым были условно поделены на 17 групп [2]: обилие организмов; статистическое их распределение; соотношение численность/биомасса; число видов и удельное видовое богатство; характер доминирования, ранговые распределения; соотношения крупных таксонов и экологических групп, пространственное распределение организмов (агрегированность, глубина проникновения в грунт), характеристики дрифта; трофическая структура; морфологические изменения; функциональные (в том числе продукционные) характеристики; системы сапробности, токсобности и сапротоксобности; биотические индексы; обобщенная функция желательности; корреляционные связи, методы теории графов; многомерные методы сравнения структуры сообществ; комбинации вышеприведенных методов; комплексные методы, включающие зообентос как один из компонентов.

Результаты применения различных методик в мониторинговых исследованиях принято выражать в виде некоторых количественных характеристик, называемых

индексами. Их обычно делят на простые, характеризующие какой-либо компонент экосистемы с одной стороны, в нашем случае, например, численность или биомасса бентосных моллюсков; комбинированные, которые отражают с разных сторон компоненты экосистемы (например, видовое разнообразие); и комплексные, использующие характеристики нескольких компонентов экосистемы (самоочищающая способность моллюсков) [2].

В исследуемом регионе для анализа бентосного сообщества в экологическом аспекте чаще всего используют следующие индексы: индексы видового разнообразия Шеннона (с использованием индекса выравненности Пиелу), индекс функционального обилия, а также биомассу, численность и видовой состав [4]. Данные показатели являются стандартными в гидробиологических исследованиях и максимально чётко отражают качество бентосного сообщества, но вопрос, являются ли они универсальными и показательными при взаимодействии гидробионтов с загрязняющими веществами, остаётся открытым. Поэтому целью настоящей работы стал анализ используемых индексов, характеризующих бентосное сообщество, для экологических исследований портовых акваторий, в частности для Севастопольской бухты (Чёрное море).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для анализа используемых индексов в мониторинговых исследованиях Севастопольской бухты послужили опубликованные в работах отдела морской санитарной гидробиологии Института морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН (ИМБИ) данные, а также полученные и проанализированные данные мониторинга 2006 г. (рис. 1). В рамках последнего отбирались пробы бентосных моллюсков и донных осадков. В определении видов макрозообентоса в лабораторных условиях и расчёты индексов были произведены Алёмовым С. В., с.н.с. отдела морской санитарной гидробиологии ИМБИ. Их номенклатура приводилась в соответствии с мировым регистром World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org>).



Рис. 1. Схема отбора проб макрозообентоса и донных осадков в Севастопольской бухте

Содержание нефтяных углеводородов (НУ) определялось методом инфракрасной спектроскопии [3], хлороформ-экстрагируемых (ХЭВ) – весовым методом. Для статистической обработки материала использован корреляционный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предшествующие в начале 2000-х годов исследования [4] состояния сообществ макрозообентоса по абсолютным показателям обилия организмов показали, что средняя его биомасса в портовых акваториях Севастополя превышала $150 \text{ г}\cdot\text{м}^2$, а численность – $1500 \text{ экз}\cdot\text{м}^2$. Даже на наиболее загрязнённых участках, где макроорганизмы до этого практически полностью отсутствовали, количественные показатели обилия макрозообентоса приближались к значениям, характерным для относительно чистых районов. Анализ видовой структуры сообществ макрофауны показал, что, несмотря на некоторые колебания биомассы и численности макрозообентоса, в течение последнего десятилетия XX столетия в целом наблюдалось улучшение состояния бентосных сообществ. Однако в 2006 г. отмечалось снижение биомассы и численности макрозообентоса по сравнению с 1991–1997 гг., а в Севастопольской бухте в этот период наблюдалось также и снижение видового богатства макрозообентоса. В портовых акваториях по-прежнему доминируют немногие виды, устойчивые к нефтяному загрязнению: *Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805), *Cerastoderma glaucum* (Bruguère, 1789), *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778), *Nassarius reticulatus* (Linnaeus, 1758), *Capitella capitata* (Fabricius, 1780), *Polydora limicola* (Annenkova, 1934). В Севастопольской бухте в 2006 г. снижение биоразнообразия сопровождалось вновь обнаруживаемыми абиотическими участками (зоны с полным отсутствием макрозообентоса) и расширением площади зоны с доминированием видов-оппортунистов [4].

На исследуемых 10-ти станциях Севастопольской бухты всего выявлено 45 видов бентосных организмов (табл. 1). Видовое разнообразие макрозообентоса наиболее высоко представлено на ст. 9 (28 видов), а также на ст. 4 и 5 (соответственно 18 и 16 видов). Численность макрозообентоса на различных станциях варьировала в широких пределах от 9 до $1447 \text{ экз}\cdot\text{м}^2$. Биомасса макрозообентоса на большинстве станций не превышала $50 \text{ г}\cdot\text{м}^2$. По всей акватории Севастопольской бухты основной вклад в общую биомассу бентоса вносили моллюски: в большей степени – двустворчатые (на ст. 9 биомасса *Mytilaster lineatus* была максимальной и составила $535,816 \text{ г}\cdot\text{м}^2$), в меньшей – брюхоногие. Доля полихет и ракообразных в общей биомассе самая низкая (1,6 и 6,8 % соответственно), но их вклад в численность бентоса существенно выше (24,7 и 7,9 % соответственно).

Таким образом, на большинстве исследуемых станций Севастопольской бухты доминировали двустворчатые моллюски. Известно [5], что бентосные беспозвоночные (особенно двустворчатые моллюски) в силу менее развитых и активных по сравнению с рыбами ферментных и метаболических систем, а также за счет высокой фильтрационной активности и обитания в донных осадках обладают, как правило, повышенной способностью к накоплению нефтяных веществ.

Возможно, именно поэтому на станциях с наиболее высокими концентрациями НУ (ст. 7, 9а) либо отсутствовали двустворчатые моллюски, либо количество их видов было минимальным.

Таблица 1

Количество видов макрозообентоса в Севастопольской бухте

Тип	№ станции									
	2	4	5	6	7	8а	9	9а	14	16
Mollusca	8	10	9	7	4	7	13	4	2	4
Annelida	4	5	5	4	4	3	10	5	5	3
Arthropoda	1	2	2	1	2	-	4	1	1	4
Bryozoa	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Chordata	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nemertea	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
Platodes	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-

Также известно [5], что для донных осадков с признаками нефтяного загрязнения характерна бедность видового состава макрозообентоса при высокой численности и биомассе выносимых к загрязнению форм, при сильном хроническом загрязнении наблюдается угнетение всего сообщества, включая устойчивые формы. Подобная картина наблюдалась и нами. На ст. 9а зафиксированы самые высокие концентрации НУ и сниженные показатели количества видов (однако, несмотря на самый высокий уровень загрязнения донных осадков нефтепродуктами, этот показатель не был минимальным), но, тем не менее, отсутствовали двустворчатые моллюски, а доминирующими были брюхоногие и полихеты, более устойчивые к нефтяному загрязнению. Самое большое количество видов отмечено на ст. 9 (при этом соотношение количества видов двустворчатых моллюсков к брюхоногим составляло 13:10), но содержание НУ в донных осадках этой станции по сравнению с другими частями бухты выше. С другой стороны, среди станций центральной части эти показатели были минимальными, что, возможно, и могло послужить увеличению количества видов.

Кроме того, корреляционная зависимость между концентрациями НУ в донных осадках и количеством выявленных бентосных моллюсков в пробах отсутствует, за исключением двустворчатых моллюсков, у которых отмечена обратная зависимость между этими параметрами ($r = -0,6$; $n = 10$, $P < 0,05$), т.е. при увеличении содержания НУ в донных осадках уменьшается количество двустворчатых моллюсков, тогда как у брюхоногих какая-либо зависимость между данными параметрами отсутствует. Полученные результаты также подтверждают тот факт, что брюхоногие моллюски являются более устойчивыми к нефтяному загрязнению.

Корреляционной зависимости между содержанием НУ в донных осадках и биомассой населяющих их бентосных моллюсков не обнаружено. Однако минимальное значение биомассы, которое составило $4,35 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, было зафиксировано на ст. 9а с максимальными концентрациями НУ в донных

отложениях (1336,2 мг·100 г⁻¹ д.о.). Известно также [6], что не только наличие НУ в донных осадках влияет на состояние бентосных сообществ, а и концентрация ХЭВ в них. Так, ранее отмечалось, что наиболее низкая биомасса зообентоса, в основном, определяется там, где наибольшая величина ХЭВ. Однако нами такой закономерности не выявлено, коэффициент корреляции был низкий ($r = -0,14$; $n = 10$, $P < 0,05$).

Известно [6], что степень воздействия концентрации ХЭВ на различные виды макрозообентоса неодинакова. В результате анализа зависимости ХЭВ от биомассы каждого вида в исследованных пробах макрозообентоса все виды, наиболее чувствительные к данному компоненту, были разделены на группы. Первая группа – низкая корреляционная зависимость (коэффициент корреляции находится в пределах от 0,01 до 0,3); в данную группу попали 64 % исследованных видов. Вторая – слабая корреляционная зависимость (коэффициент корреляции находится в пределах от 0,3 до 0,5). В этой группе для *Nassarius reticulatus* (Linnaeus, 1758), *Abra segmentum* (Bruguière, 1789), *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778), *Upogebia pusilla* (Petagna, 1792), *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), *Heteromastus filiformis* (Claparède, 1864), *Nephtys hombergii* (Cuvier, 1817) между биомассой и содержанием ХЭВ в донных осадках прослеживается обратная связь ($r = -0,31, -0,37, -0,38, -0,43, -0,38, -0,32, -0,48$ соответственно). Третья группа характеризуется сильной корреляционной зависимостью (коэффициент корреляции выше 0,5). При этом у всех видов, относящихся к данной группе, прослеживается прямая связь: *Iphinoe elisae* (Băcescu, 1950), *Rissoa parva* (da Costa, 1778), *Scrupocellaria bertholletii* (Audouin, 1826) ($r = 0,86, 0,52$ и $0,5$ соответственно). Обитатели песчаных биотопов (контрольные станции), где процессы преобразования препятствуют накоплению ХЭВ, реагируют на присутствие незначительных количеств этих соединений положительно.

Однако донные осадки – это не только абиотический фактор среды, но и источник пищи для донных организмов, а модификация химических свойств донных осадков влияет на компонентный состав жирных кислот как у сестонофагов, так и у представителей инфауны [6]. На исследованных станциях наибольшее количество детритофитофагов отмечено в вершине бухты (91,6 %), наименьшее – в центральной её части (от 0,5 до 1,2 %), тогда как максимум сестонофагов приходится на центральную часть (ст. 8а, 9, 9а), а плотоядных – на устье бухты (ст. 14) (табл. 2).

Таблица 2

Трофическая структура макрозообентоса в Севастопольской бухте

Содержание в пробе, %	№ станции									
	2	4	5	6	7	8а	9	9а	14	16
Сестонофаги	1,8	24,1	3,1	12,0	15,8	96,4	97,2	33,4	1,6	12,1
Детритофитофаги	91,6	48,0	32,9	36,0	13,3	1,2	0,5	65,9	1,1	61,0
Плотоядные	6,6	27,9	64,0	51,9	70,9	2,4	2,3	0,7	97,4	26,8

Зависимости доли исследованных трофических групп моллюсков от содержания НУ в донных осадках не выявлено.

Кроме определения влияния концентрации НУ в донных осадках на биомассу и плотность отдельных видов (изучения балансовых характеристик исследуемой акватории), была проанализирована взаимосвязь между индексом видового разнообразия и содержанием ХЭВ (табл. 3).

Индекс видового разнообразия рассчитывался по формуле Шеннона и нормировался индексом выравненности Пиелу [4] (табл. 3).

Таблица 3
Индексы видового разнообразия макрозообентоса в Севастопольской бухте

Наименование индекса	№ станции									
	2	4	5	6	7	8а	9	9а	14	16
J' (индекс Пиелу)	0,55	0,64	0,54	0,66	0,42	0,40	0,66	0,49	0,95	0,58
H'(log2) индекс Шеннона	2,16	2,66	2,16	2,44	1,41	1,95	2,27	1,71	2,86	2,00

В средней части бухты показатели видового разнообразия несколько снижены (среднее значение индекса Шеннона составляет 1,99) по сравнению с её вершиной (H'(log2)=2,41) и выходом (H'(log2)=2,43), где их значения практически идентичны. При этом минимальные значения индекса соответствовали повышенным концентрациям ХЭВ, к тому же отмечена прямая корреляционная зависимость между этими параметрами ($r=-0,75$; $n = 10$, $P < 0,05$). В 90-е годы индекс Шеннона составлял менее 1,0, достигая на отдельных станциях в вершине бухты 1,48–1,75, вблизи выхода 1,75–2,2 [7].

Таблица 4
Индексы видового разнообразия макрозообентоса в Севастопольской бухте (по биомассе)

Наименование индекса	№ станции									
	2	4	5	6	7	8а	9	9а	14	16
J' (индекс Пиелу)	0,69	0,57	0,48	0,66	0,42	0,22	0,11	0,5	0,17	0,60
H'(log2) индекс Шеннона	2,70	2,39	1,90	2,43	1,38	0,75	0,53	1,71	0,52	2,08

Исходя из весовых характеристик (табл. 4) в 70 % проб индекс Шеннона был выше 1,0, и данный показатель несколько вырос по сравнению со съемками предыдущих лет. Однако корреляционная зависимость между содержанием ХЭВ и

индексом не отмечена ($r=-0,31$; $n = 10$, $P < 0,05$). Таким образом, при увеличении количества загрязняющих веществ уменьшается количество видов, а биомасса остается постоянной, что, возможно, связано с увеличением доли видов, устойчивых к данным загрязнителям.

Наряду с традиционными параметрами для оценки количественного развития бентосного сообщества, таких как численность и биомасса, некоторыми авторами используется индекс функционального обилия [8, 9]. Данный показатель позволяет учитывать энергетическую роль гидробионтов и рассчитывается по формуле [9]:

$$IFA_i = N_i^{0.25} \cdot B_i^{0.75}, \quad (1)$$

где: B_i и N_i биомасса и численность i -го таксона ($г \cdot м^{-2}$ и $экз \cdot м^{-2}$ соответственно).

Полученные индексы IFA для 86 % видов меньше 1,0, остальные гидробионты (табл. 5), у которых более высокие значения индекса функционального разнообразия, относятся, в основном, к устойчивым по отношению к нефтяному загрязнению видам. А видами, биомасса которых коррелирует с концентрацией ХЭВ в донных осадках и имеющими высокие индексы IFA, были моллюски *Abra segmentum* и *Nassarius reticulatus*. Данные виды моллюсков по ранее выполненным работам по взаимодействию их с нефтяным загрязнением действительно являются достаточно устойчивыми к нему [10].

Таблица 5

Индексы функционального обилия (IFA) наиболее часто встречаемых видов макрозообентоса Севастопольской бухты

Виды	IFA
<i>Mytilaster lineatus</i>	52,8
<i>Abra segmentum</i>	13,2
<i>Hydrobia acuta</i>	7,2
<i>Balanus improvisus</i>	6,1
<i>Nassarius reticulatus</i>	6,0
<i>Cerastoderma glaucum</i>	3,8
<i>Mytilus gallioprovincialis</i>	1,2
<i>Nephtys hombergii</i>	1,2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показал, что при применении наиболее часто используемых в севастопольском регионе индексов ни один из приведенных методов не дал однозначной оценки качества среды и состояния биоты. Проблема интерпретации значений индексов является достаточно сложной и неоднозначной, поскольку представленные индексы имеют эмпирическое происхождение.

Учитывая вышесказанное, можно полагать, что рассмотренные показатели популяционного благополучия, такие как численность, биомасса и видовой состав

бентосных организмов, не в полной мере отражают влияние нефти и нефтепродуктов на данные организмы. Так, в самой загрязненной НУ центральной части бухты далеко не на всех исследованных станциях (например, ст. 9) данные показатели свидетельствовали об угнетенном состоянии бентосных сообществ. Таким образом, помимо анализа этих параметров необходимо параллельно исследовать проблему накопления и выведения морской биотой веществ нефтяного происхождения.

На основании анализа зависимости содержания ХЭВ в донных осадках от биомассы каждого вида макрозообентоса все виды, наиболее чувствительные к данному компоненту, были разделены на группы. Первая – низкая корреляционная зависимость ($0,01 < r < 0,3$); в данную группу попали 64 % исследованных видов. Вторая – слабая корреляционная зависимость ($0,3 < r < 0,5$). В этой группе для *Nassarius reticulatus* (Linnaeus, 1758), *Abra segmentum* (Bruguère, 1789), *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778), *Upogebia pusilla* (Petagna, 1792), *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), *Heteromastus filiformis* (Claparède, 1864), *Nephtys hombergii* (Cuvier, 1817) прослеживается обратная связь ($r = -0,31, -0,37, -0,38, -0,43, -0,38, -0,32, -0,48$ соответственно). Третья – характеризуется сильной корреляционной зависимостью ($r > 0,5$). При этом у всех видов, относящихся к данной группе, прослеживается прямая связь: *Iphinoe elisae* (Băcescu, 1950), *Rissoa parva* (da Costa, 1778), *Scrupocellaria bertholletii* (Audouin, 1826) ($r = 0,86, 0,52$ и $0,5$ соответственно).

Список литературы

1. Bakanov A. The use of macrozoobenthos for the detection and assessment of water pollution / A. Bakanov // Symposium on monitoring of water pollution, – Borok, 1994. – P. 6.
2. Баканов А. И. Использование макрозообентоса для мониторинга пресноводных водоёмов (обзор) / А. И. Баканов // Биология внутренних вод. – 2000. – № 1. – С. 68–82.
3. Методические указания «Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси». – М. : Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – 1996. – С. 18–26.
4. Миронов О. Г. Санитарно-биологические аспекты экологии севавтопольских бухт в XX веке / Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алёмов С. В. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003, – 185 с. – (НАН Украины, Институт биологии южных морей).
5. Воробьёв Д. С. Влияние нефти и нефтепродуктов на макрозообентос / Д. С. Воробьёв // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 2003, №3. – С. 42–45.
6. Кирюхина Л. Н. Химическая и микробиологическая характеристика донных осадков севавтопольских бухт в 2003 г. / Л. Н. Кирюхина, О. Г. Миронов // Экология моря. – 2004. – Вып. 66. – С. 53–58.
7. Миловидова Н. Ю. Зообентос мягких грунтов Севастопольских бухт и прилегающих районов / Н. Ю. Миловидова, С. В. Алёмов // Молисмология Чёрного моря. – Киев: Наук. думка. – 1992. – С. 263–281.
8. Алёмов С. В. Современное состояние макрозообентоса Севастопольской бухты по данным бентосной съёмки 1997 г. / С. В. Алёмов // Экология моря. – 1999. – Вып. 48. – С. 73–75.
9. Мальцев В. И. О возможности применения показателя функционального обилия для структурных исследований зооценозов / В. И. Мальцев // Гидробиологический журнал. – 1990. – 26, №1. – С. 87–89.
10. Тихонова Е. А. Накоплення нафтових вуглеводнів масовими видами чорноморських молюсків в умовах портових акваторій / О. А. Тихонова, О. В. Соловйова // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. – Симферополь. – 2014. – №1, Т. 27 (66). Серия «Биология, химия». – С. 178–185.

THE APPLICATION OF MACROZOOBENTHOS FOR ENVIRONMENTAL
RESEARCHES OF THE PORT WATER AREAS
(SEVASTOPOL BAY, BLACK SEA)

Tikhonova E. A., Solovyova O. V.

*Institute of Marine Biological Research A. O. Kovalevsky RAS, Sevastopol, Russia
E-mail: tihonoval@mail.ru*

Currently, over 60 methods of monitoring studies of aquatic environment are used in the world; some of them include various characteristics of the benthic community. The results of the application of various techniques in monitoring studies are usually expressed in the form quantitative characteristics, called indexes. In the studied region the most frequently used and representative indexes of the benthic community are following: Shannon diversity index (using Pielou uniformity index), functional index of abundance and biomass, abundance and species composition. These characteristics are standard in the hydro-biological research. They precisely reflect the quality of the benthic community, but the question is whether they are universal and revealing the interaction of the community with aquatic pollutants remains open. Therefore, the aim of this research was to analyze the use of the benthic community indexes for environmental studies of harbors, in particular for the Sevastopol Bay (Black Sea).

During the analysis of the most applicable in the Sevastopol region indexes, no one of the methods has given an unambiguous assessment of environmental quality and the state of biota. The problem of interpretation of the index is sufficiently complex and ambiguous, because the presented indexes have empirical origin.

Considered indicators of well-being of the population, such as the abundance, biomass and species composition of the benthic organisms are not exhaustively reflect the impact of oil and oil products to these organisms. Thus, in the most polluted by oil hydrocarbons central part of the bay, some the stations (for example, station 9) are not characterized by the depressed state of the benthic communities. Thus, in addition to the analysis of these parameters, it is necessary to do parallel investigation of the accumulation and excretion of the oil products by marine biota.

Based on the analysis of dependence of the biomass of each species of macrozoobenthos from the content of chloroform-extractable substances in the sea bottom sediments, the most sensitive to this component, have been divided into three groups. The first - low correlation ($0,01 < r < 0,3$); the 64 % of the studied species were in this group. The second – has a weak correlation ($0,3 < r < 0,5$). In this group were *Nassarius reticulatus* (Linnaeus, 1758), *Abra segmentum* (Bruguière, 1789), *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778), *Upogebia pusilla* (Petagna, 1792), *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), *Heteromastus filiformis* (Claparède, 1864), *Nephtys hombergii* (Cuvier, 1817) traced the negative relationship ($r = -0.31, -0.37, -0.38, -0.43, -0.38, -0.32, -0.48$, respectively). Third - is characterized by a strong correlative dependence ($r > 0,5$). At the same time for all the species belong to this group, there are a direct dependence: *Iphinoe elisae* (Băcescu,

1950), *Rissoa parva* (da Costa, 1778), *Scrupocellaria bertholetii* (Audouin, 1826) ($r = 0,86, 0,52$ and $0,5$ respectively).

Keywords: biological indexes, macrozoobenthos, monitoring studies, chloroform-extractable substances, oil hydrocarbons.

References

1. Bakanov A. The use of macrozoobenthos for the detection and assessment of water pollution, *Symposium on monitoring of water pollution*, Borok, (1994), p. 6.
2. Bakanov A. The use of the macrozoobenthos for the monitoring of freshwater reservoirs (review), *Biology of Inland Waters*, **1**, 68 (2000).
3. Guidelines «Determination of pollutants in the marine bottom sediments and suspension», Federal hydrometeorology and environmental monitoring service of Russia. p. 18. (1996).
4. Mironov O., Kiryukhina L., Alemov S., *Sanitary and biological aspects of Sevastopol bays ecology in the XX century*. 185 p. (Sevastopol, ECOSY-Hydrophysics, 2003).
5. Vorobiev D. S. Influence of oil and oil products on macrozoobenthos, *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, **2003**, 42 (2006).
6. Kiryukhina L., Mironov O., The chemical and microbiological characteristics of bottom sediments of Sevastopol Bay in 2003, *Ecology of the Sea*, **66**, 53 (2004).
7. Milovidova N., Alemov S., *Zoobenthos of soft bottom sediments of Sevastopol bays and surrounding areas*, p. 263-281. (Nauk. Dumka, K., 1992).
8. Alemov S., The modern state of the macrozoobenthos according to the Sevastopol Bay benthic survey in 1997, *Ecology of the Sea*, **48**, 73 (1999).
9. Maltsev V. I., About the possibility of using a functional index of abundance for structural studies zoocenoses, *Hydrobiological journal*, **26**, 87 (1990).
10. Solovyova O., Tikhonova E., The accumulation of oil hydrocarbons of mass species of mollusks in the conditions of the Black Sea port water area, *Sci. Not. Taurida V. I. Vernadsky Nat. Univ., Ser. Biology, chemistry*, **27** (66), 178 (2014).

Поступила в редакцию 27.10.2015 г.

УДК 591.175: 577.175.5

ВЛИЯНИЕ АДРЕНАЛИНА, ВВОДИМОГО В ПЕРИОД ОСТРОГО ОПЫТА, НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАБОТАЮЩЕЙ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ БЕЛЫХ КРЫС И ЕЕ УСТОЙЧИВОСТЬ К УТОМЛЕНИЮ

Труш В. В.¹, Соколов В. И.²

¹Донецкий национальный университет, Донецк, Украина

²Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Институт педагогики,
психологии и инклюзивного образования Гуманитарно-педагогической академии, Ялта, Россия
E-mail: ver.trush@yandex.ru

В экспериментах на наркотизированных половозрелых крысах исследовали влияние адреналина (0,2 мг/кг) на функциональное состояние передней большеберцовой мышцы и ее устойчивость к утомлению.

Установлено, что адреналин обусловил укорочение латентного периода М-ответа мышцы, увеличение его амплитуды на фоне укорочения длительности, а также увеличение амплитуды, скорости и укорочение латентного периода сокращения и продолжительности послететанического полурасслабления мышцы, удлинение периода максимальной устойчивой ее работоспособности, но при этом увеличение температурного эффекта мышечного сокращения, свидетельствующее в пользу некоторого снижения его КПД. Адреналин ослабил выраженность утомления мышцы и замедлил его развитие, но при этом обусловил более выраженное, в сравнении с контролем, снижение КПД мышечного сокращения в процессе утомления.

Ключевые слова: катехоламины, адреналин, скелетная мышца, М-ответ, тетаническое сокращение мышцы, теплопродукция мышцы.

ВВЕДЕНИЕ

Катехоламины, являясь стрессовыми гормонами, обеспечивают кратковременную мобилизацию всех сил и ресурсов организма при действии неблагоприятных факторов, в том числе временно интенсифицируют метаболизм и функциональную активность скелетной мускулатуры [1, 2].

Реализация эффектов катехоламинов на нервно-мышечную систему после однократного их введения в организм зависит не только от доз этих гормонов и функционального состояния нейромоторного аппарата, но и от исходной активности мышц. В частности, известно [3–5], что метаболические эффекты катехоламинов на скелетные мышечные волокна, во многом обуславливающие проявления функциональных эффектов, могут реализоваться в полной мере только на сокращающиеся скелетные мышцы. Вместе с тем, характер влияния катехоламинов на работающие скелетные мышцы теоретически должен зависеть не только от их гистохимического профиля, но и от режима работы, во многом предопределяющего скорость развития утомления, а значит, эффективность реализации внутриклеточных эффектов катехоламинов.

Целью настоящей работы явилось исследование влияния адреналина в умеренно повышенной дозе (0,2 мг/кг), в которой он продуцируется в период острого стресса, на электрофизиологические, сократительные и энергетические параметры скелетной мышцы смешанного типа (передней большеберцовой) и характер их изменения в динамике утомляющей работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводились на 20 половозрелых (5-ти месячных) крысах-самках со средней исходной массой $235,5 \pm 2,42$ г, разделенных на 2 группы: контрольную и опытную, животные которой подвергались однократной стимуляции адреналином в умеренно повышенной дозе (0,2 мг/кг, внутримышечно, во время острого опыта после регистрации исходных значений исследуемых параметров).

Все эксперименты были выполнены в соответствии с «Руководством по уходу и использованию лабораторных животных» (публикация Национального института здоровья № 85-23, США) и «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» [6]. Объектом исследования служила передняя большеберцовая мышца, относящаяся, как и большинство мышц млекопитающих, к смешанному типу с преобладанием быстрых мышечных волокон [7].

Перед проведением острого опыта животное наркотизировали (тиопентал натрия, 100 мг/кг, внутривенно), после чего препаровали в области бедра малоберцовый нерв и на расстоянии 1 см проксимальнее коленного сустава подводили под него раздражающие электроды. Для регистрации электрических ответов мышцы в среднюю ее часть (на расстоянии 1 см дистальнее коленного сустава) вводили отводящие биполярные игольчатые стальные электроды с межэлектродным расстоянием 1 мм. В заключение подготовительного этапа острого опыта мышцу в области ее средней части, где она имеет наибольшую площадь поперечного сечения, прошивали медь-константановой термопарой, изготовленной из тонкой проволоки диаметром 50 мкм.

Для инициации электрических ответов передней большеберцовой мышцы на малоберцовый нерв наносили электрические импульсы прямоугольной формы длительностью 0,15 мс каждый при частоте 5 имп/с и постоянной силе тока 500 мкА (стабилизатор тока). Электрические ответы мышцы усиливали с помощью электромиографического биоусилителя, построенного на основе высокоскоростного программируемого дифференциального усилителя PGA870 (Texas Instruments), гиратора, служащего для режекции сигнала электросетевой помехи частотой 50 Гц (частотный режекторный фильтр), и гальванической оптронной развязки.

Для инициации тетанического сокращения передней большеберцовой мышцы на малоберцовый нерв наносили раздражение сверхпороговым электрическим током (сила тока – 1000 мкА, длительность импульсов – 0,5 мс) с частотой 60 имп/с. Вызванные сокращения мышцы осуществлялись с внешней нагрузкой в 80 г. Степень укорочения мышцы измерялась с помощью потенциометрического датчика ПТП-1, включенного в мост постоянного тока МОД-61, соединенный с биоусилителем.

ЭДС термопары усиливалась с помощью фотоусилителя Ф-116. Разрешающая способность термометрического канала устанавливалась на уровне $0,01^{\circ}\text{C}$. Запись термограммы мышцы после каждого 6-ти секундного тетанического сокращения проводилась в течение 7-10 мин с целью регистрации вторичного теплообразования в мышце.

Сигналы от электромиографического биоусилителя, фотоусилителя Ф-116 и биоусилителя, связанного с мостом постоянного тока МОД-61, регистрировались с помощью многоканальных цифровых запоминающих осциллографов Tektronix (TDS2004C), Siglent и компьютера.

Электрические ответы мышцы, эргограмму ее тетанического сокращения и прирост температуры мышцы после выполнения гладкого тетануса регистрировали на протяжении острого опыта несколько раз: до введения адреналина крысам опытной группы и физиологического раствора крысам контрольной группы (исходные значения), через 10 минут после внутримышечного введения адреналина или физиологического раствора, после каждого из 3-х периодов 18-ти секундной внешней работы мышцы в режиме гладкого тетануса с внешней нагрузкой 80 г.

На основании записей серии одиночных М-ответов мышцы определяли амплитуду, длительность и латентный период М-ответа. На основании эргограмм тетанического сокращения мышцы определяли ряд его параметров: латентный период, максимально достижимую его амплитуду и выполняемую при этом внешнюю работу, скорость развития тетанического сокращения, продолжительность периодов максимальной устойчивой работоспособности мышцы и ее послететанического полурасслабления. На основании термограмм мышцы определяли величину ее вторичной теплопродукции, а в результате сопоставления термо- и эргограмм – температурный эффект мышечного сокращения ($^{\circ}\text{C}/\text{мДж}$) как отношение величины теплопродукции мышцы к выполненной внешней работе.

По окончании острого опыта в условиях глубокого наркоза проводили эвтаназию животных путем введения смертельной дозы (300 мг/кг) тиопентала натрия.

Для оценки достоверности различий между центральными тенденциями сравниваемых групп (контрольной и опытной, стимулируемой во время острого опыта адреналином) использовали t-критерий Стьюдента, предварительно убедившись в том, что распределение значений исследуемых параметров близко к нормальному (W-тест Шапиро-Уилка, Statistica, 7.0). Кроме того, достоверность различий между двумя выборками (контрольной и опытной) для каждого из исследуемых показателей оценивали с помощью двухвыборочного F-теста для дисперсий. Значения P, меньшие 0,05, рассматривали как достоверные. Исследуемые параметры выражали в виде «среднее \pm ошибка».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние адреналина на электрофизиологические параметры передней большеберцовой мышцы

Введение адреналина во время острого опыта приводило к укорочению латентного периода М-ответа (на 8,9 %), увеличению его амплитуды (на 30,2 %) и

уменьшению длительности (на 26,0 % относительно исходного уровня, $P < 0,01$, рис. 1). Увеличение амплитуды М-ответа на фоне некоторого укорочения его длительности свидетельствуют в пользу улучшения синхронизации возбуждения в мышце и возможного повышения возбудимости мышечных волокон [8].

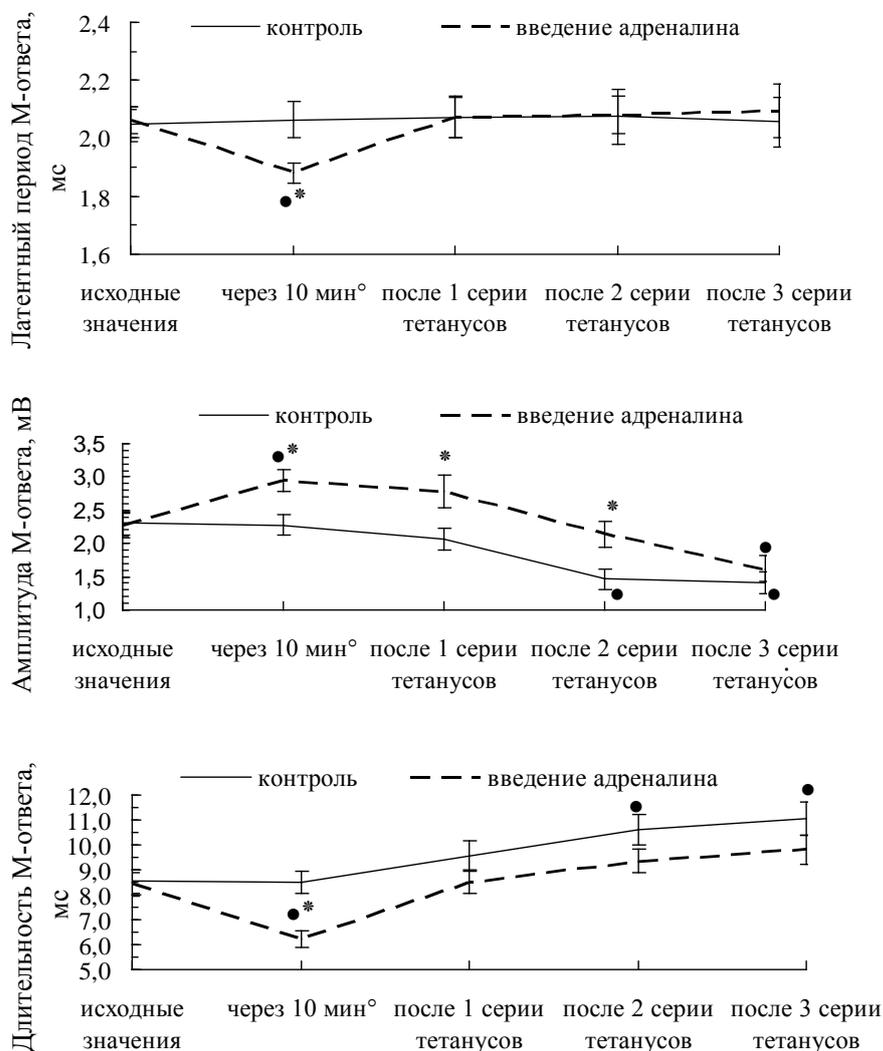


Рис. 1. Динамика изменения некоторых электрофизиологических параметров передней большеберцовой мышцы контрольных крыс и животных, подвергшихся в процессе острого опыта стимуляции адреналином (0,2 мг/кг), в процессе развития утомления.

* – различия статистически значимы ($P < 0,05$) в сравнении с уровнем контроля;
 ● – различия статистически значимы ($P < 0,05$) в сравнении с исходным значением параметра. По оси абсцисс обозначение *через 10 мин°* означает через 10 минут после

введения физиологического раствора животным контрольной группы и адреналина животным опытной группы.

Укорочение латентного периода М-ответа, вероятнее всего, отражает ускорение нервно-мышечной передачи, которое может быть связано с ее облегчением, вызванным повышением возбудимости мышечных волокон или пресинаптических терминалей иннервирующих их нервных волокон [8, 9].

В пользу возможности таких функциональных изменений в нервно-мышечном аппарате под влиянием адреналина свидетельствуют результаты исследований других авторов, наблюдавших облегчение нервно-мышечной передачи при введении малых доз катехоламинов [10, 11], а также повышение возбудимости мышцы при прямой ее стимуляции [12, 13], отражающее повышение возбудимости собственно мышечных волокон.

Позитивный эффект адреналина на исходные параметры М-ответа не сохранялся на протяжении всего опыта, однако несколько замедлил их ухудшение в процессе выполнения утомляющей работы. Так, работа мышцы контрольных животных в режиме гладкого тетануса с внешней нагрузкой в 80 г сопровождалась некоторым уменьшением относительно исходного уровня уже после 2-й серии тетанусов амплитуды (на 36,7 %, $P < 0,01$) и увеличением длительности (на 24,0 %, $P < 0,01$) М-ответа на фоне отсутствия существенных изменений его латентного периода (см. рис. 1). У крыс, получавших во время острого опыта адреналин, снижение амплитуды М-ответа относительно исходного уровня (на 28,4 %, $P < 0,01$) наблюдалось только после 3-й серии тетанусов, тогда как длительность М-ответа не претерпевала значимых изменений (см. рис. 1).

Уменьшение амплитуды М-ответа по мере развития утомления, типичное для мышцы контрольных животных, свидетельствует в пользу выключения части волокон из общего возбуждения мышцы или десинхронизации возбуждения в ней вследствие развития утомления [8]. Еще одним доказательством ухудшения синхронизации возбуждения в мышце контрольных животных в процессе утомления служит некоторое увеличение длительности М-ответа, имевшее место уже после 2-й серии 18-ти секундного тетануса.

У крыс, стимулируемых во время острого опыта адреналином, утомление носило менее выраженный характер. В пользу такого заключения указывает более позднее снижение амплитуды М-ответа в процессе выполнения утомляющей работы (только после 3-й серии тетанусов) у «адреналиновых» крыс, а также отсутствие удлинения длительности М-ответа, характерное для контрольных животных после 2-й серии тетанусов и свидетельствующее в пользу десинхронизации возбуждения мышечных волокон вследствие утомления.

С целью проверки способности адреналина увеличивать степень синхронизации возбуждения в мышце и повышать ее устойчивость к развитию утомления на следующем этапе работы мы сочли необходимым проанализировать характер изменения силовых, скоростных параметров и работоспособности мышцы в динамике ее работы в режиме гладких тетанусов.

Влияние адреналина на силовые, скоростные параметры и работоспособность передней большеберцовой мышцы

Введение адреналина в период острого опыта позитивно сказывалось на силовых, скоростных параметрах и работоспособности передней большеберцовой мышцы, а также замедляло и ослабляло выраженность их ухудшения в процессе выполнения утомляющей работы. Так, через 10 минут после введения катехоламина наблюдалось увеличение относительно исходного уровня максимально достижимой амплитуды тетанического сокращения мышцы (на 39,2 %, $P < 0,01$, рис. 2) и удлинение периода максимальной устойчивой ее работоспособности (на 17,2 %, $P < 0,05$, рис. 2), укорочение латентного периода ее сокращения (на 25,8 %, $P < 0,01$, рис. 3), продолжительности послететанического полурасслабления (на 11,5 %, $P < 0,01$, рис. 3), увеличение скорости сокращения (на 185,1 %, $P < 0,01$, рис. 3).

Наблюдаемое нами через 10 минут после внутримышечного введения адреналина увеличение амплитуды мышечного сокращения на фоне укорочения латентного периода сокращения и послететанического полурасслабления, а также увеличение скорости тетанического сокращения свидетельствуют в пользу улучшения силовых и скоростных характеристик мышцы. Этот эффект адреналина может быть обусловлен способностью умеренно повышенных его доз увеличивать содержание макроэргов в мышечных волокнах [12, 14, 15], что должно позитивно сказываться на их работоспособности. Кроме того, оказывая влияние на мышечные волокна через посредство β_2 -адренорецепторов аденилатциклазным путем [16], катехоламины способны усиливать не только метаболизм в мышечном волокне, но и повышать кальциевый залп из боковых цистерн СР при возбуждении мышечного волокна, а также усиливать активность АТФазы миозина, что должно сопровождаться увеличением силы и скорости его укорочения, активировать Ca^{2+} -АТФазу СР, что должно ускорять мышечное расслабление.

Наряду с позитивными эффектами адреналина на силовые и скоростные параметры мышцы, катехоламин замедлил и ослабил их снижение в процессе утомляющей работы по сравнению с мышцей контрольных животных. В частности, если амплитуда сокращения мышцы контрольных крыс снижалась относительно исходного уровня уже после 1-й серии тетанических сокращений, то у животных, получивших в процессе острого опыта адреналин, данный параметр значительно уменьшался относительно исходного уровня только после 3-й серии тетанусов (на 37,7 %, $P < 0,001$) и значительно превышал таковой контрольных животных (на 37,6 %, $P < 0,01$, см. рис. 2).

Продолжительность максимальной устойчивой работоспособности мышцы крыс, получивших адреналин, даже после 3-й серии тетанусов значительно не отличалась от исходного уровня, тогда как у контрольных животных данный параметр после 3-й серии тетанусов снижался на 20,7 % ($P < 0,01$, см. рис. 2).

Латентный период тетанического сокращения у «адреналиновых» крыс не изменялся относительно исходного уровня после 3-й серии тетанусов, тогда как у контрольных животных данный параметр после 3-й серии тетанусов удлинялся на 31,5 % ($P < 0,01$ относительно исходного уровня, см. рис. 3).

Скорость тетанического сокращения, существенно возросшая через 10 минут после введения адреналина, после 3-й серии тетанусов значительно не отличалась от

ВЛИЯНИЕ АДРЕНАЛИНА, ВВОДИМОГО В ПЕРИОД ОСТРОГО ОПЫТА...

исходных значений (до введения адреналина), тогда как у контрольных крыс снижалась уже после 1-й серии тетанусов и после 3-й серии тетанусов составляла 55,9 % от исходного уровня ($P < 0,01$, см. рис. 3).

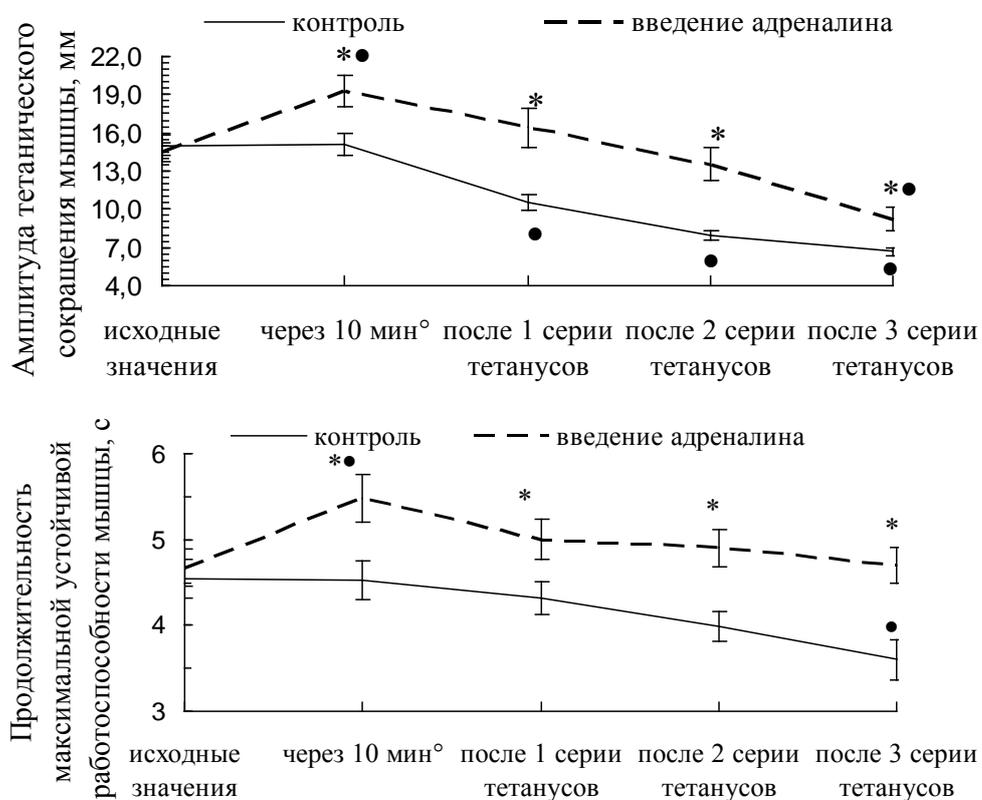


Рис. 2. Динамика изменения силовых характеристик и работоспособности передней большеберцовой мышцы контрольных крыс и животных, подвергшихся в процессе острого опыта стимуляции адреналином (0,2 мг/кг), в процессе развития утомления.

* – различия статистически значимы ($P < 0,05$) в сравнении с уровнем контроля;
 • – различия статистически значимы ($P < 0,05$) в сравнении с исходным значением параметра. По оси абсцисс обозначение через 10 мин^o означает через 10 минут после введения физиологического раствора животным контрольной группы и адреналина животным опытной группы.

Продолжительность периода полурасслабления мышцы у контрольных животных после 3-й серии тетанусов удлинялась (на 9,8 % относительно исходного уровня, $P < 0,05$, см. рис. 3), а у животных, стимулируемых адреналином, не претерпевала существенных изменений. Некоторое удлинение периода

полурасслабления мышцы контрольных животных после 3-й серии тетанусов свидетельствует в пользу развития утомления мышцы.

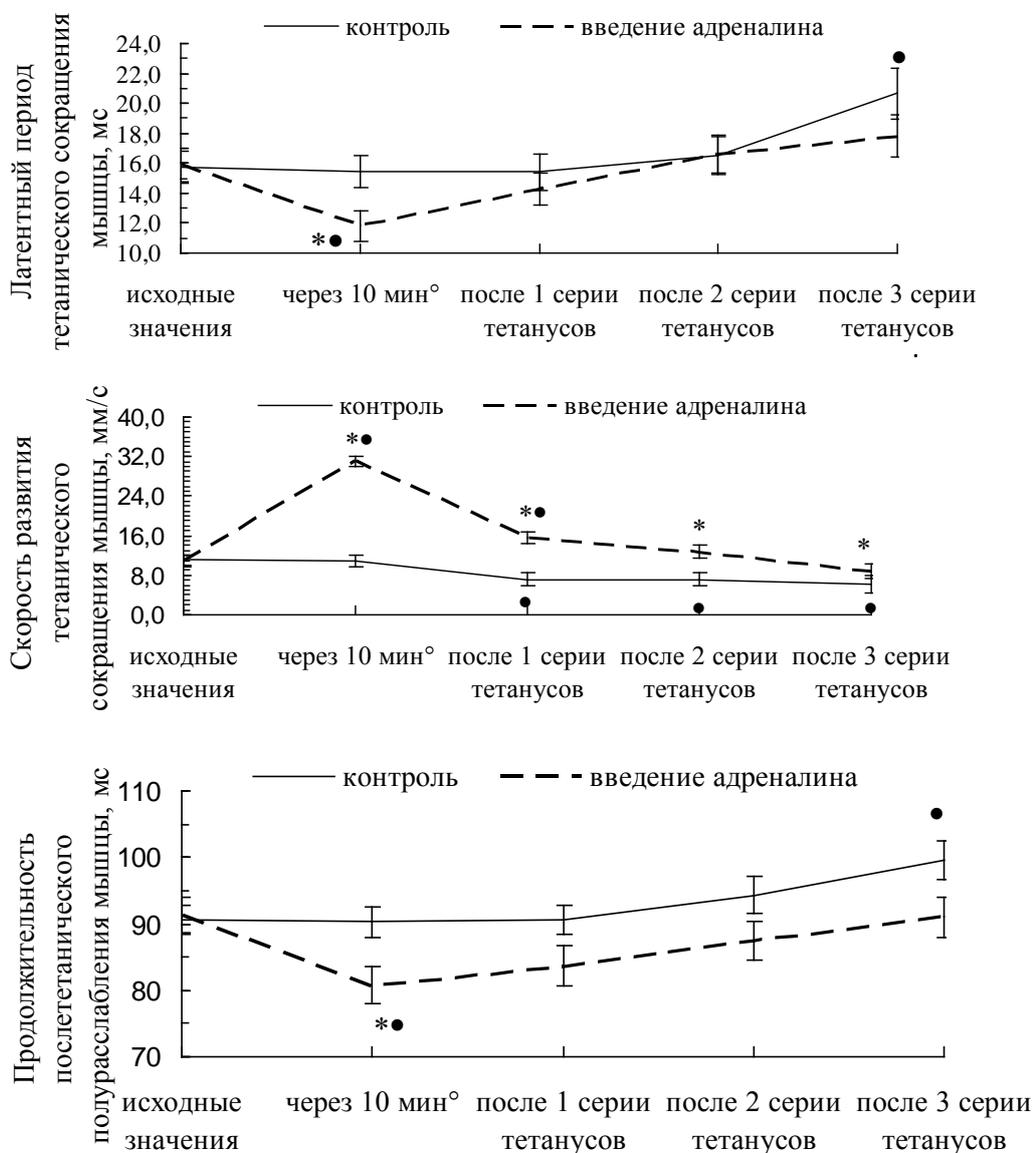


Рис. 3. Динамика изменения скоростных параметров передней большеберцовой мышцы контрольных крыс и животных, подвергшихся в процессе острого опыта стимуляции адреналином (0,2 мг/кг), в процессе развития утомления.

* – различия статистически значимы ($P < 0,05$) в сравнении с уровнем контроля;
 ● – различия статистически значимы ($P < 0,05$) в сравнении с исходным значением

параметра. По оси абсцисс обозначение через 10 мин^o означает через 10 минут после введения физиологического раствора животным контрольной группы и адреналина животным опытной группы.

Таким образом, адреналин, вводимый внутримышечно во время острого опыта, ослабил выраженность утомления в передней большеберцовой мышце и замедлил его развитие. Вместе с тем после 3-й серии тетанусов у «адреналиновых» крыс все же наблюдались некоторые признаки утомления мышцы: снижение амплитуды тетанического сокращения, свидетельствующее в пользу возможного частичного выключения наиболее высоко утомляемых быстрых волокон из сокращения. В то же время латентный период тетанического сокращения, его скорость, продолжительность полурасслабления мышцы, а также продолжительность периода максимальной устойчивой ее работоспособности у «адреналиновых» крыс значительно не отличались от исходного уровня, тогда как у контрольных животных претерпевали существенные изменения. Данный факт, а также более высокое значение амплитуды тетанического сокращения у «адреналиновых» крыс в сравнении с контролем после 3-й серии тетанусов косвенно свидетельствуют в пользу менее выраженных энергетических нарушений в мышечных волокнах на фоне предварительного введения адреналина и, как следствие, отсутствия существенных изменений скоростных параметров мышечного сокращения.

С целью выявления возможных особенностей энергетического обмена в мышце контрольных и «адреналиновых» крыс в процессе утомляющей работы на следующем этапе наших исследований изучался характер изменения теплопродукции мышцы после тетанического сокращения и температурного эффекта мышечного сокращения в динамике утомления.

Влияние адреналина на энергетику передней большеберцовой мышцы

Введение адреналина во время острого опыта вызывало существенное увеличение теплопродукции мышцы после тетанического сокращения (на 80,0 % через 10 минут после инъектирования адреналина относительно исходного уровня, $P < 0,001$) на фоне увеличения величины выполненной внешней работы (на 32,9 % относительно исходного уровня, $P < 0,001$, рис. 4). Несмотря на сочетанное увеличение теплопродукции и внешней работы мышцы под влиянием адреналина, температурный эффект мышечного сокращения также возрастал (на 35,5 % относительно исходного уровня, $P < 0,01$, см. рис. 4).

Наблюдаемое нами увеличение температурного эффекта мышечного сокращения под влиянием адреналина свидетельствует в пользу снижения КПД мышечного сокращения. Некоторое снижение эффективности энергообмена в мышце под действием катехоламинов может быть обусловлено их способностью разобщать биологическое окисление в периферических тканях (в том числе в мышечной ткани) [13, 16–19].

Введение во время острого опыта адреналина существенно модулировало характер изменения энергетических параметров передней большеберцовой мышцы во время выполнения утомляющей работы. В частности, выполнение утомляющей

работы мышц контрольных крыс сопровождалось снижением теплопродукции мышцы (уже после 1-й серии тетанусов, на 28,9 %, $P < 0,01$ относительно исходного уровня, см. рис. 4).

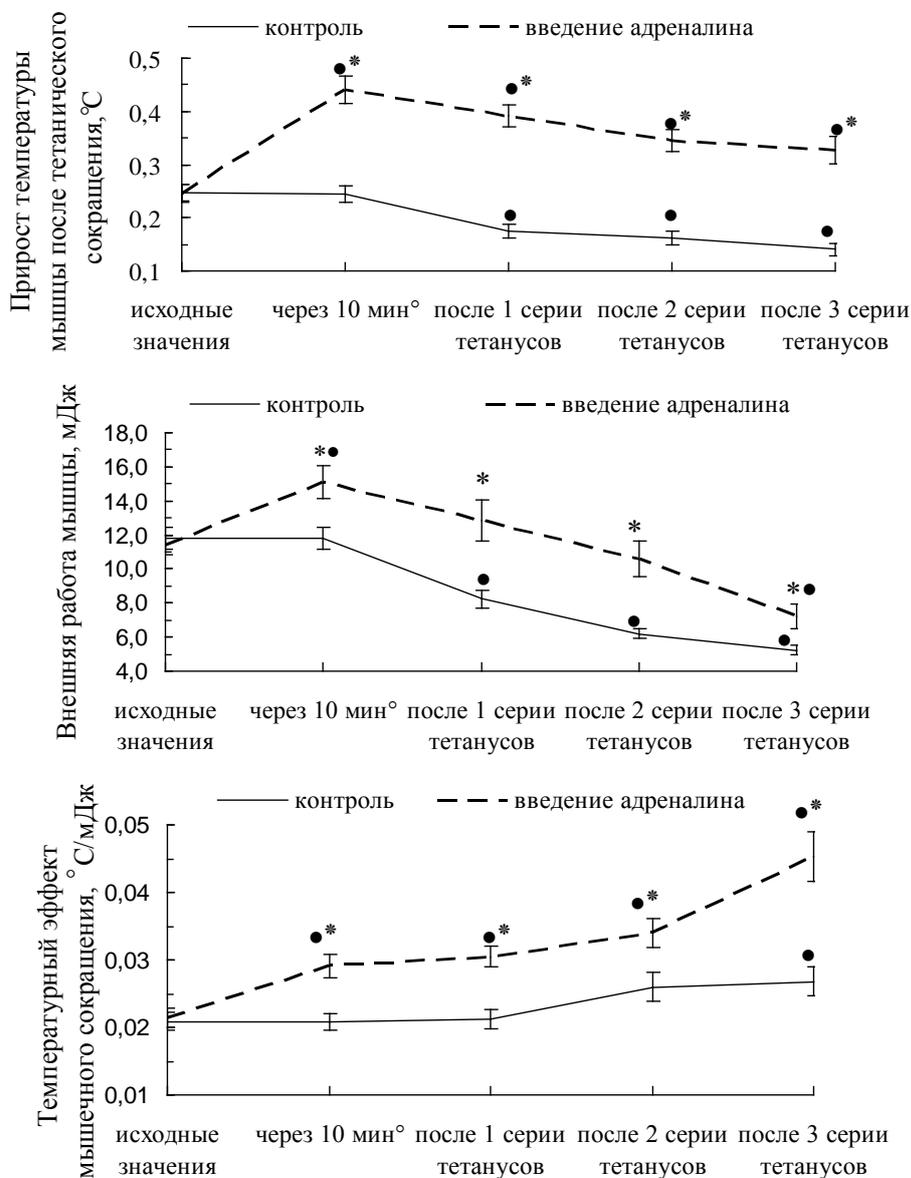


Рис. 4. Динамика изменения параметров энергетики сокращения передней большеберцовой мышцы контрольных крыс и животных, подвергшихся в процессе острого опыта стимуляции адреналином (0,2 мг/кг), в процессе развития утомления.

* – различия статистически значимы ($P < 0,05$) в сравнении с уровнем контроля;
 ● – различия статистически значимы ($P < 0,05$) в сравнении с исходным значением

параметра. По оси абсцисс обозначение через 10 мин^o означает через 10 минут после введения физиологического раствора животным контрольной группы и адреналина животным опытной группы.

После 3-й серии тетанусов теплопродукция мышцы контрольных животных снижалась еще больше (на 43,0 % относительно исходного уровня, $P < 0,01$). Утомление мышцы сопровождалось и снижением внешней ее работы на 30,0-55,5 % после 1-3-й серии тетанусов ($P < 0,01$ относительно исходного уровня). Несмотря на сочетанное снижение в процессе выполнения утомляющей работы как теплопродукции, так и объема внешней работы мышцы контрольных крыс все же наблюдалось некоторое повышение ТЭМС (на 28,0 % после 3-й серии тетанусов, $P < 0,01$ относительно исходного уровня). Повышение ТЭМС в процессе утомления мышцы контрольных животных свидетельствует в пользу снижения КПД энергетических процессов в ней.

Введение во время острого опыта адреналина и связанное с этим повышение энергообмена в мышечных волокнах модулировало характер изменения энергетики мышцы в процессе утомления. В частности, адреналин повышал как исходный уровень теплопродукции мышцы (на 80,0 %, $P < 0,001$), так и предотвращал ее снижение после 1-3-й серии тетанусов, типичное для контрольных животных. Более того, после 3-й серии тетанусов, теплопродукция мышцы, хоть и снижалась относительно значения через 10 минут после введения адреналина, но все же оставалась выше исходного уровня (на 33,6 %, $P < 0,01$, см. рис. 4).

Наряду с влиянием на изменение теплопродукции мышцы в процессе утомления, адреналин модулировал и характер изменения внешней работы по сравнению с таковым у контрольных животных. Так, внешняя работа мышцы «адреналиновых» крыс, увеличенная относительно исходного уровня через 10 минут после введения адреналина, оставалась повышенной и после 1-2-й серии тетанусов, тогда как после 3-й серии тетанусов – снижалась относительно исходного уровня (на 36,7 %, $P < 0,001$, см. рис. 4). Но это снижение внешней работы мышцы после 3-й серии тетанусов у «адреналиновых» крыс было выражено в гораздо меньшей степени, чем у контрольных (на 55,5 % относительно исходного уровня, $P < 0,01$). В целом, абсолютные значения внешней работы мышцы «адреналиновых» крыс после 1-3-й серий тетанусов превосходили соответствующие значения контрольных животных (на 56,1–37,6 %, $P < 0,01$).

Несмотря на снижение объема внешней работы после 3-й серии тетанусов у «адреналиновых» крыс, прирост температуры мышцы после сокращения оставался повышенным, что обусловило существенное повышение температурного эффекта мышечного сокращения к данному сроку острого опыта. В частности, ТЭМС после 3-й серии тетанусов у «адреналиновых» крыс превышал не только исходный уровень (на 111,0 %, $P < 0,001$), но и величину данного параметра через 10 минут после введения адреналина (на 55,7 %, $P < 0,001$, см. рис. 4). Кроме того, после 1-3-й серии тетанусов ТЭМС у «адреналиновых» крыс превышал соответствующие значения контрольной группы (на 43,4–69,4 %, $P < 0,001$). Прирост ТЭМС после выполнения утомляющей работы мышцы «адреналиновых» крыс (на 111,0 % относительно исходного уровня, $P < 0,001$) существенно превосходил таковой

контрольных животных, не стимулируемых катехоламином (28,0 % относительно исходного уровня, $P < 0,001$).

Таким образом, внутримышечное введение адреналина вызывало существенное повышение энергетики мышечного сокращения, которое могло послужить одной из причин улучшения силовых и скоростных параметров сокращения мышцы. С другой стороны, адреналин обусловил некоторое снижение КПД мышечного сокращения, что проявлялось в увеличении его температурного эффекта, отмеченном уже через 10 минут после введения катехоламина и не только сохранявшемся, но и нараставшем на протяжении всего дальнейшего периода работы мышцы. Более того, температурный эффект мышечного сокращения у «адреналиновых» крыс после 3-й серии тетанусов превышал как значение спустя 10 минут после введения катехоламина, так и соответствующую величину контрольных животных, что отчасти может отражать затруднение вследствие утомления использования энергетического потенциала мышечных волокон, увеличенного под действием катехоламинов. И действительно, в литературе имеются сообщения [20, 21], согласно которым утомление мышцы нарушает доступность макроэргов для ключевых физиологических процессов в мышечном волокне, что приводит к компенсаторной интенсификации гликолиза, сопровождающейся повышением теплопродукции и снижением КПД биологического окисления. Очевидно, отмеченный эффект утомления на мышце животных, предварительно стимулируемых адреналином и характеризующихся существенной интенсификацией энергообмена, проявляется в гораздо большей степени, по сравнению с контрольными животными. В пользу справедливости высказанного нами предположения о роли утомления в выраженном снижении КПД мышечного сокращения «адреналиновых» крыс свидетельствует и тот факт, что именно к данному сроку острого опыта (после 3-й серии тетанусов) отчетливо проявлялись и другие признаки начинающегося утомления в исследуемой мышце. В частности, снижалась амплитуда М-ответа и тетанического сокращения мышцы на фоне уменьшенной скорости сокращения.

Вместе с тем, адреналин, вводимый во время острого опыта, ослабил выраженность утомления мышцы и замедлил его развитие, в пользу чего свидетельствует менее выраженное, по сравнению с контролем, снижение амплитуды сокращения и отсутствие изменений длительности М-ответа, латентного периода сокращения, продолжительности послететанического полурасслабления и максимальной устойчивой работоспособности мышцы, типичные для крыс контрольной группы после выполнения серий тетанической работы с внешней нагрузкой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Адреналин (в дозе 0,2 мг/кг) спустя 10 минут после внутримышечного введения обусловил укорочение латентного периода М-ответа мышцы (на 8,9 %), увеличение его амплитуды (на 30,2 %) на фоне укорочения длительности (на 26 %), что косвенно свидетельствует в пользу ускорения нервно-мышечной передачи, увеличения возбудимости или степени синхронизации возбуждения в мышце.
2. Внутримышечное введение адреналина сопровождалось увеличением

амплитуды сокращения мышцы (на 39,2 %), удлинением периода максимальной устойчивой ее работоспособности (на 17,2 %), укорочением латентного периода сокращения (на 25,8 %) и продолжительности послететанического полурасслабления (на 11,5 %), а также существенным повышением скорости развития сокращения (на 185,1 %), отражающим улучшение степени электромеханического сопряжения, скорости актомиозинового взаимодействия и уровня энергообмена в мышце.

3. Вторичная теплопродукция мышцы под влиянием адреналина возрастала в большей степени (на 80 %), чем объем выполняемой работы (на 39,2 %), что обусловило увеличение температурного эффекта мышечного сокращения (на 35,5 %), свидетельствующее в пользу некоторого снижения его КПД.
4. Адреналин, вводимый внутримышечно во время острого опыта, ослабил выраженность утомления мышцы и замедлил его развитие, в пользу чего свидетельствует менее выраженное, по сравнению с контролем, снижение амплитуды сокращения и отсутствие изменений длительности М-ответа, латентного периода сокращения, продолжительности послететанического полурасслабления и максимальной устойчивой работоспособности мышцы, типичные для крыс контрольной группы после выполнения серий тетанической работы с внешней нагрузкой.
5. Утомление мышцы сопровождалось снижением КПД мышечного сокращения, в гораздо большей степени выраженным у животных, предварительно стимулированных адреналином, что отражает затруднение использования повышенного под влиянием катехоламинов энергетического потенциала в мышечных волокнах.

Список литературы

1. Ажипа А. Я. Трофическая функция нервной системы. / Ажипа А.Я. – М.: Наука, 1990. – 671 с.
2. Резников А. Г. Эндокринологические аспекты стресса: Обзор / А. Г. Резников // Международный эндокринологический журнал. – 2007. – № 4. – С. 103–112.
3. Козлов А. Г. Влияние изопrenalина на энерготраты изолированной мышцы лягушки при утомлении / А. Г. Козлов, С. Г. Казьмин // Физиологический журнал. – 1978. – Т. 24, № 4. – С. 562–567.
4. Левтов В. А. Кровоснабжение и потребление кислорода икроножной мышцей кошки при изометрическом тетанусе в условиях внутриартериальной инфузии норадреналина / В.А. Левтов, Н. Я. Шустова, Н. И. Васильева, В. Н. Шуваева // Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова. – 1982. – Т. 68, № 11. – С. 1544–1552.
5. Marsden C. D. The effect of adrenaline on the contraction of human muscle / C. D. Marsden, J. C. Meadows // Journal of Physiology. – 1970. – V. 207. – P. 429–448.
6. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Под ред. В. П. Фисенко. – М.: Минздрав РФ, ЗАО «ИИА „Ремедиум"», 2000. – 398 с.
7. Gauthier G. F. Skeletal muscle fiber types / In A.G. Engel & B.Q. Banker (Eds.) Myology. Basic and clinical. – New York: McGraw-Hill, 1986. – 283 с.
8. Гехт Б. М. Теоретическая и клиническая электромиография. / Гехт Б. М. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1990. – 229 с.
9. MacIntosh B. Skeletal muscle. Form and function. – 2th edition. / MacIntosh B., Gardiner Ph., McComas A.J. – Champaign: Human Kinetics, 1998. – 432 с.
10. Гусева Е. А. О влиянии катехоламинов на нервно-мышечную передачу / Е. А. Гусева, Ю. П. Пушкарев // Проблемы эндокринологии. – 1970. – № 3. – С. 58–62.

11. Breckenridge B. Theophylline, epinephrine and neostigmine facilitation of neuromuscular transmission / B. Breckenridge, L. Me, I.K. Burn, F. M. Matschnisky // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 1967. – V. 57, № 4. – С. 1853–1897.
12. Орбели Л.А. Симпатическая иннервация скелетной мускулатуры / В кн. Избранные труды, 2-е изд. / Орбели Л.А. – М., Л.: Изд-во АН СССР. 1960. – С. 53–58.
13. Everts M. F. Effects of adrenaline on excitation-induced stimulation of the sodium-potassium pump in rat skeletal muscle / M. F. Everts, K. Retterstol, T. Clausen // Acta Physiologica Scandinavica. – 1988. – V. 134. – P. 189–198.
14. Smith U. Adrenergic control of metabolic functions / U. Smith // Acta Med. Scand. – 1983. – № 5 (Suppl.). – P. 671–676.
15. Зимовщикова О. В. Содержание высокоэнергетических веществ в скелетной мышце в покое и при физической нагрузке в условиях действия разных доз адреналина / О. В. Зимовщикова, Г. А. Узбеков // Материалы 5-й Поволжской конференции физиологов, биохимиков и фармакологов с участием морфологов. – Ярославль, 1969. – С. 313.
16. Jensen J. Quantitative determination on cell surface beta-adrenoreceptors in different skeletal muscles / J. Jensen, E.O. Brennesvik, H. Bergensen // Pflugers Arch. – 2002. – V. 444, № 1-2. – P. 213–219.
17. Nakamura Y. Beta-2-adrenergic agonists up-regulates uncoupling proteins 2 and 3 in skeletal muscle of the mouse / Y. Nakamura, I. Nagase, A. Asano // J. Vet. Med. Sci. – 2001. – V. 63, № 3. – P. 309–314.
18. Popham P. Potassium infusions cause release of adrenaline in anaesthetized cats / P. Popham, D. Band, R. Linton // Journal of Physiology. – 1990. – V. 427. – P. 43–49.
19. Манухин Б. Н. Изменение активности Na, K-АТФазы при блокаде адренорецепторов / Б. Н. Манухин, Г. Д. Курбанова, Е. В. Волина, П. А. Ерохов // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1985. – Т. 71, № 6. – С. 731–736.
20. Effects of fatiguing exercise on high-energy phosphates, force, and EMG: Evidence for three phases of recovery / Miller R. G., Giannini D., Milner-Brown H. S. [et al.] // Muscle & Nerve. – 1987. – V. 10. – P. 810–821.
21. Cooke R. The effects of ADP and phosphate on the contraction of muscle fibres / R. Cooke, E. Pate // Biophysical Journal. – 1985. – V. 48. – P. 789–798.

INFLUENCE OF THE ADRENALINE ENTERED INTO THE PERIOD OF SHARP EXPERIENCE ON FUNCTIONAL PARAMETERS OF THE WORKING SKELETAL MUSCLE OF WHITE RATS AND ITS EXHAUSTION RESISTANCE

Trush V. V.¹, Sobolev V. I.²

¹Donetsk national university, Donetsk, Ukraine

²Crimean V.I. Vernadsky Federal University, Yalta, Russia

E-mail: ver.trush@yandex.ru

In experiments over the mature narcotized white female rats (n=20) in situ by means of electrophysiological methods investigated some parameters of a functional condition of a forward tibial muscle (on the basis of the record of the electromyography, the thermography and the ergography of smooth tetanic contraction with external loading of 80 g) in the conditions of the caused its contraction before and in 10 minutes after intramuscular introduction of adrenaline, and also after realization by the muscle of the tiring work (3-fold 18 second smooth tetanus with external loading of 80 g).

It is established that adrenaline (in a dose of 0,2 mg/kg) after 10 minutes of intramuscular introduction caused the shortening of the latent period of the M-response of a muscle (for 8,9 per cent), the increase in its amplitude (for 30,2 per cent) against

shortening of duration (for 26 per cent) that indirectly testifies in a favor of acceleration of a neuromuscular transmission, increase in excitability or extent of synchronization of excitement in a muscle. Intramuscular introduction of adrenaline was followed by increase in amplitude of muscle's contraction (for 39,2 per cent), lengthening of the period of its maximum steady working capacity (for 17,2 per cent), shortening of the latent period of contraction (for 25,8 per cent) and durations of posttetanus semi-relaxation (for 11,5 per cent), and also the essential increase of the speed of development of the contraction (for 185,1 per cent) reflecting the improvement of extent of electromechanical coupling, speed of aktomyosin interaction and level of a power exchange in a muscle. Secondary heat production of the muscle under the influence of adrenaline increased more (for 80 per cent), than the volume of the performed work (for 39,2 per cent) that caused the increase in temperature effect of muscular contraction (for 35,5 per cent) testifying in a favor of some decrease in its efficiency. The adrenaline entered intramuscularly during sharp experience weakened the expressiveness of muscle's exhaustion and slowed down its development in favor of what testified less expressed, in comparison with control, the decrease in amplitude of muscle's contraction and absence of changes of the duration of the M-response, of the latent period of contraction, of the duration of posttetanus semi-relaxation and the maximum steady working capacity of the muscle typical for rats of control group after performance of series of tiring work with external loading. At the same time, the exhaustion of a muscle was followed by the decrease in efficiency of muscular contraction in much bigger degree expressed at the animals which are previously stimulated by adrenaline that reflects the difficulty of use of the energy potential increased under the influence of catecholamine in muscle fibers.

Keywords: catecholamine, adrenaline, skeletal muscle, M-response, tetanic contraction of a muscle, heat production of the muscle.

References

1. Azhipa A.Ya., *Troficheskaya funktsiya nervnoi sistemy*, 671p. (Nauka, Moskva, 1990). (In Russian)
2. Reznikov A.G., Endokrinologicheskie aspekty stressa: Obzor, *Mezhdunarodnyi endokrinologicheskii zhurnal*, **4**, 103 (2007). (In Russian)
3. Kozlov A.G., Kaz'min S.G., Vliyaniye izoprenalina na energotraty izolirovannoi myshtsy lyagushki pri utomlenii, *Fiziologicheskii zhurnal*, **24** (4), 562 (1978). (In Russian)
4. LevtoV V.A., Shustova N.Ya., Vasil'eva N.I., Shuvaeva V.N., Krovosnabzhenie i potrebleniye kisloroda ikronozhnoi myshtsei koshki pri izometricheskom tetanuse v usloviyakh vnutriarterial'noi infuzii noradrenalina, *Fiziologicheskii zhurnal SSSR im. I.M. Sechenova*, **68** (11), 1544 (1982). (In Russian)
5. Marsden C.D., Meadows J.C., The effect of adrenaline on the contraction of human muscle, *Journal of Physiology*, **207**, 429 (1970).
6. *Rukovodstvo po eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniyu novykh farmakologicheskikh veshchestv*, pod red. V.P. Fisenko, 398p. (Minzdrav RF, ZAO «IIA „Remedium"», Moskva, 2000). (In Russian)
7. Gauthier G.F., *Skeletal muscle fiber types*. In Engel A.G. & Banker B.Q. (Eds.) *Myology. Basic and clinical*. 255-283p. (McGraw-Hill, New York, 1986).
8. Gekht B.M., *Teoreticheskaya i klinicheskaya elektromiografiya*, 229p. (Nauka, Leningradskoe otdelenie, Leningrad, 1990). (In Russian)
9. MacIntosh B., Gardiner Ph., McComas A.J., *Skeletal muscle. Form and function*, 432p. (Human Kinetics, 2th edition, Champaign, 1998).

10. Guseva E.A., Pushkarev Yu.P., O vliyaniy katekholaminov na nervno-myshechnuyu peredachu, *Problemy endokrinologii*, **3**, 58 (1970). (In Russian)
11. Breckenridge B., Me L., Burn I.K., Matscninsky F.M., Theophyline, epinephrine and neostigmine facillitation of neuromuscular transmission, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, **57** (4), 1853 (1967).
12. Orbeli L.A., *Simpaticheskaya iinervatsiya skeletnoi muskulatury*. V kn. *Izbrannye trudy*, 2-e izd., 53-58p. (Izdatel'stvo AN SSSR, Moskva, Leningrad, 1960). (In Russian)
13. Everts M.F., Retterstol K., Clausen T., Effects of adrenaline on excitationinduced stimulation of the sodium-potassium pump in rat skeletal muscle, *Acta Physiologica Scandinavica*, **134**, 189 (1988).
14. Smith U., Adrenergic control of metabolic functions, *Acta Med. Scand*, **5** (Suppl.), 671 (1983).
15. Zimovshchikova O.V., Uzbekov G.A., Soderzhanie vysokoenergeticheskikh veshchestv v skeletnoi myshtse v pokoe i pri fizicheskoi nagruzke v usloviyakh deistviya raznykh doz adrenalina, *Materialy 5-i Povolzhskoi konferentsii fiziologov, biokhimikov i farmakologov s uchastiem morfologov* (Yaroslavl', 1969), p.313 (In Russian)
16. Jensen J., Brennesvik E.O., Bergensen H., Quantitative determination on cell surface beta-adrenoreceptors in different skeletal muscles, *Pflugers Arch*, **444** (1-2), 213 (2002).
17. Nakamura Y., Nagase I., Asano A., Beta-2-adrenergic agonists up-regulates uncoupling proteins 2 and 3 in skeletal muscle of the mouse., *J. Vet. Med. Sci.*, **63** (3), 309 (2001).
18. Popham P., Band D., Linton R., Potassium infusions cause release of adrenaline in anaesthetized cats, *Journal of Physiology*, **427**, 43 (1990).
19. Manukhin B.N., Kurbanova G.D., Volina E.V., Erokhov P.A., Izmenenie aktivnosti Na, K-ATFazy pri blokade adrenoretseptorov, *Fiziologicheskii zhurnal SSSR im. I.M. Sechenova*, **71** (6), 731 (1985). (In Russian)
20. Miller R.G., Giannini D., Milner-Brown H.S., Layzer R.B., Koretsky A.P., Hooper D., Weiner M.W., Effects of fatiguing exercise on high-energy phosphates, force, and EMG: Evidence for three phases of recovery, *Muscle & Nerve*, **10**, 810 (1987).
21. Cooke R., Pate, E., The effects of ADP and phosphate on the contraction of muscle fibres, *Biophysical Journal*, **48**, 789 (1985).

Поступила в редакцию 18.10.2015 г.

УДК 612.014.4:612.821.8:57.081.22:57.084.1:577.25

МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОКЛИНИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ АНАЛЬГЕТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫСАХ И МЫШАХ

Чайка А. В., Чертаев И. В., Хусаинов Д. Р.

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь,
Россия
E-mail: andrew.chajka@yandex.ru*

В обзоре обобщены литературные данные относительно экспериментальных доклинических методов оценки изменения болевой чувствительности лабораторных крыс и мышей под действием различных факторов. Подробно описана методика болевых тестов «электростимуляция», «горячая вода», «горячая пластина» и «формалиновый тест». Представлена краткая характеристика механизмов формирования болевого ответа в каждом тесте.

Ключевые слова: механизмы боли, тест «электростимуляция», тест «горячая пластина», тест «горячая вода», «формалиновый тест».

ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальное изучение боли помогает понять ее механизмы, особенности и физиологические проявления, что имеет существенное значение для физиологии, практической биомедицины и фармакологии. Понять причины и механизмы болевого ощущения, найти необходимое обезболивающее средство, изучить влияние боли на организм легче всего в доклиническом лабораторном эксперименте [1]. При этом проведение доклинического тестирования на животных является обязательным этапом исследований, который необходимо проводить при поиске новых анальгетиков, прежде чем можно будет перейти к их клиническим испытаниям. Чтобы вызвать болевое ощущение у животного, обычно используют модели боли, основанные на использовании разнообразных механических, электрических, температурных и химических раздражителей.

Цель данного обзора – обобщить имеющиеся литературные сведения о методах экспериментального доклинического тестирования анальгетического действия различных факторов на лабораторных крысах и мышах.

ТЕСТ «ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ»

Тест «электростимуляция» (электрокожная стимуляция) – это один из широко используемых приёмов для создания экспериментальной аверсивной ситуации [2, 3]. Одними из первых этот метод применили O'Kelly L.I. и Steckle L.C. (1939) [4].

Хотя электрический ток является искусственным стимулом, преимущество его использования заключается в легкой воспроизводимости результатов и провоцировании ярко выраженных поведенческих эффектов в ответ на данный болевой раздражитель [5].

Механизм формирования болевого ответа

При использовании пороговых значений тока исключается эмоциональная составляющая ноцицептивного ответа, реакция является преимущественно спинальным рефлексом, однако присутствует также супраспинальный компонент – прыжок животного. Исследования продемонстрировали центральную роль дофаминергических нейронов в модуляции восприятия боли в супраспинальных структурах [6]. Посредством электростимуляции структур головного мозга было показано участие базальных ганглиев, островка, передней поясной извилины, таламуса и серого вещества близ водопроводной области в регуляции болевой чувствительности [6, 7]. В экспериментах по исследованию боли с помощью сканирования мозговой ткани, после введения меченого предшественника дофамина, было обнаружено увеличение выработки медиатора во время болевых раздражений, а его количество определяет уровень болевого порога [8]. Важную роль в модуляции болевого ответа также играют эндогенные опиаты, ацетилхолин, гамма-аминомасляная кислота (ГАМК) [9]. Так, считается, что обезболивающий эффект опиатов вызван угнетением в клетке функций аденилатциклазы, уменьшением образования циклического аденозинмонофосфата и, как следствие, торможением выделения медиаторов (дофамин, ацетилхолин) в синаптическую щель. Доказано, что активация холинэргической системы усиливает действие опиатов, а блокада – ослабляет. Связывание ацетилхолина с определенными центральными μ -рецепторами стимулирует высвобождение опиоидных пептидов. ГАМК регулирует болевую чувствительность, подавляя эмоционально-поведенческие реакции на боль, что обеспечивает адаптацию организма к болевому стрессу [9].

Подготовка к эксперименту

Тестовая установка. Камера 20x30x20 см, пол которой является высокопроводимой медной площадкой. На площадку подаётся ток от электростимулятора (ЭСЛ-2 или другого), генерирующего прямоугольные одиночные импульсы длительностью 10 мс с частотой 40 Гц с возможностью постепенного увеличения напряжения электрического тока (рис. 1).

Проведение эксперимента

Лабораторную крысу или мышь помещают в тестовую установку, предварительно смочив лапки физиологическим раствором для лучшей электропроводимости, и производят постепенное равномерное увеличение напряжения электрического тока до момента фиксирования болевой реакции (рис. 2) или достижения максимального значения напряжения тока на измерительной шкале электростимулятора. *Регистрируемым показателем* является напряжение тока (в вольтах), вызывающее ноцицептивный ответ животного. Реакции животного на удар электрическим током классифицируются как [2]:

а) отсутствие ответа;

- б) вздрагивание (внезапное напряжение мускулатуры или прижатие к полу, при котором лапы остаются на решетке);
- в) прыжок (сильная реакция, при которой все четыре лапы одновременно отрываются от решетки);
- г) голосовые реакции, или вокализация (писк).

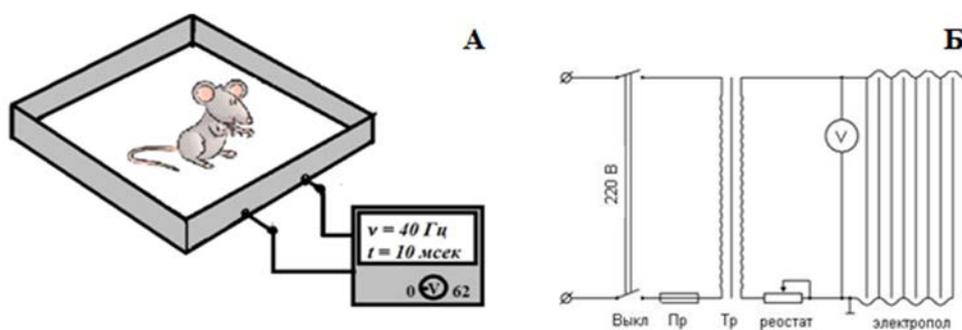


Рис. 1. Установка теста «электростимуляция».

Примечание: А. Схема измерения порога болевой реакции. Б. Схема прибора для определения болевой чувствительности у животных. Выкл – выключатель; Пр – предохранитель; Тр – трансформатор.

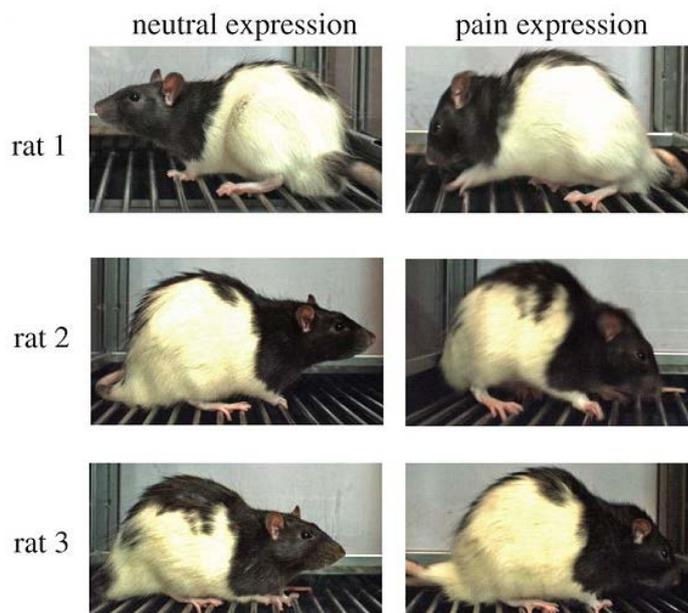


Рис. 2. Поведение крыс в тесте «электростимуляция» [10]: neutral expression – до подачи тока на решётку, pain expression – болевая реакция.

Обычно болевые реакции не наблюдаются при малых интенсивностях тока (10–20 В). Реакция вздрагивания появляется при 30 В и переходит в локальное подергивание и бег при более высоких интенсивностях тока. Реакции подпрыгивания и писк вызываются ударами тока, зачастую превышающими 50–70 В [2].

ТЕСТ «ГОРЯЧАЯ ВОДА» (ТЕСТ ТЕПЛОВОЙ ИММЕРСИИ ХВОСТА ПРИ ПОГРУЖЕНИИ В ГОРЯЧУЮ ВОДУ)

В отличие от других болевых тестов, данный метод чувствителен к действию слабых анальгетиков, а также позволяет проводить многократные эксперименты на одних и тех же животных [11]. В разработку данного теста внесли свой вклад многие исследователи, такие как Ben-Bassat J., Sewell R. и др. [11, 12].

Генез болевой реакции

Тест тепловой иммерсии хвоста основан на спинальном флексорном рефлексе в ответ на погружение хвоста в горячую воду [11]. Вследствие того, что площадь раздражения большая и нагревание кожной поверхности протекает стремительно, то не происходит активации терморецепторов, а сразу активируются С-волокна полимодальных ноцицепторов, А δ -волокна полимодальных ноцицепторов, полимодальные ноцицепторы и высокопороговые механорецепторы [2].

Болевая чувствительность значительно ниже у самок, чем у самцов [13]. Так, блокада опиоидных рецепторов налоксоном повышает болевой порог у самок, но понижает – у самцов, что, вероятно, связано с различиями в уровне андрогенов у животных [12]. А у новорождённых крысят анальгезию обеспечивает окситоцин [10].

Подготовка к эксперименту

Экспериментальная установка представляет собой ёмкость с горячей водой температурой от 45 до 55 °С (зачастую 52 °С) [14]. Постоянная температура поддерживается термостатом. В качестве *экспериментальных животных* используются крысы и мыши.

Проведение эксперимента

Животное фиксируют в пенале и успокаивают поглаживанием, если оно чрезмерно активно. Болевое раздражение моделируют погружением хвоста в горячую воду температурой от 45 до 55 °С [14]. Регистрируют латентный период отдергивания хвоста (рис. 3). Как правило, его величина в контрольной группе находится в диапазоне от 3 до 30 секунд (чаще всего от 7 до 12 секунд) [14]. Во избежание повреждения тканей не следует нагревать хвост более 30 секунд. Критерием анальгетического эффекта считают достоверное увеличение латентного периода реакции после введения вещества. Согласно Sewell R.D., анальгетический эффект вещества наиболее ярко выражен спустя 20 мин после инъекции [11].

Особенности и ограничения метода

1. Анальгетический эффект того или иного вещества зависит от температуры воды в тесте. Например, морфин и напроксен эффективны во всём диапазоне температур, а ибупрофен и хлорпромазин только при 45 °С (табл. 1) [15].

2. Уровень болевого порога зависит от многих факторов, в т. ч. от пола и возраста лабораторных животных [15].

3. При многократном действии стимула может развиваться привыкание или выработается условный рефлекс отдергивания хвоста ещё до достижения порога болевых ощущений [14].

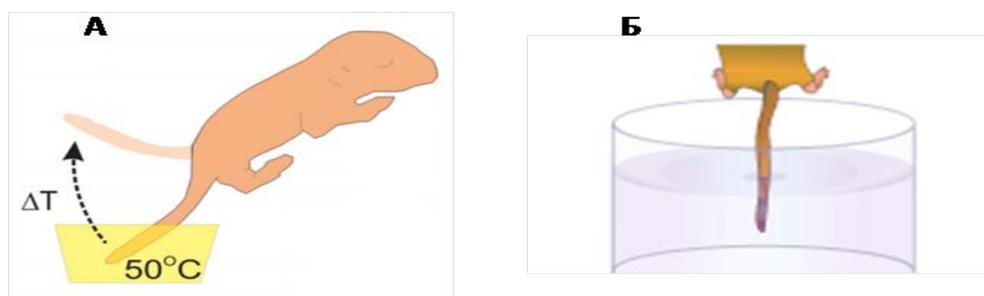


Рис. 3. Регистрация болевой реакции у новорождённых (А) и половозрелых (Б) крыс [10, 16].

Таблица 1

Влияние различных веществ на величину латентного периода (в секундах) по Luttinger D. (1985) [15]

Фармакологическая группа	Вещество	Доза (мг/кг)	Температура воды		
			45°C	50°C	55°C
Опиаты	Морфин	3	33±0,8	8,7±1,6	2,7±0,4
	Налорфин	30	7,6±2,5	3,0±0,7	0,9±0,1
Ингибиторы циклооксигеназы (ЦОГ)	Напроксен	300	43,2±4,9	3,7±0,9	2,9±0,6
	Зомепирак	1000	16,0±7,1	-	-
	Ибупрофен	300	11,6±3,0	-	-
Психотропные вещества	d-амфетамин	3	9,8±4,6	-	-
	Хлопромазин	10	15,9±5,3	-	-
Контроль	Физраствор	-	11,0±1,5	2,5±0,4	0,9±0,1

ТЕСТ «ГОРЯЧАЯ ПЛАСТИНА»

«Горячая пластина» – это поведенческая модель ноцицепции, используемая для скрининга анальгетического эффекта различных веществ, регистрирующая изменение болевого порога [17]. Первоначальную методику эксперимента предложили Woolfe G. и MacDonald A.D. (1944) [18].

Особенности поведения животных в тесте «горячая пластина»

Espejo E.F. и Mig D. (1993) выделили 12 типов поведения грызунов в тесте горячая пластина (табл. 2) [17]. Важно, что животное в последующей серии

экспериментов придерживается той же поведенческой реакции, которая была продемонстрирована в первый раз.

Ряд наблюдений показал, что восприятие боли меняется при воздействии различных стресс-факторов. Это явление известно как стресс-индуцированная гипоалгезия [19]. Так, у лабораторных грызунов, после воздействия принудительного плавания, наблюдается снижение болевой чувствительности, не связанное с влиянием на гистаминовую систему.

Таблица 2

Особенности поведения животных в тесте «горячая пластина»

Тип поведения	Краткая характеристика
Пассивное обнюхивание	Животное остаётся на одном месте и обнюхивает окружающую обстановку. Голова приподнята вверх.
Активное обнюхивание	Животное активно передвигается и обнюхивает всё вокруг
Стойки	Вертикальная двигательная активность (стойки) без опоры на стенки
Облизывание передних лап	Животное вылизывает передние лапы
Облизывание задних лап	Животное облизывает одну из задних лап. Голова повернута назад.
Постукивание лапами	Животное быстро поднимает и опускает заднюю лапу
Грумминг	Животное умывается с помощью передних лап
Чистка тела	Животное вылизывает свой мех и/или гениталии
Отдёргивание задней ноги	Животное отдёргивает заднюю лапу, и некоторое время её не опускает
Стойки с упором	Животное опирается передними лапами на стенки тестовой установки
Прыжки	Животное подпрыгивает над полом тестовой установки
Замирание	Животное замирает и ждёт угрозы извне. Голова обычно поворачивается из стороны в сторону.

Подготовка к эксперименту

Конструкция *тестовой установки* представляет собой ящик (цилиндр) с медным или стеклянным полом, температура которого поддерживается на постоянном уровне (в основном 52–55 °С, реже 45–50 °С) или линейно повышается (от 42–45 °С) [20–23] (рис. 4).

Эталонными анальгетиками для этого теста считаются гидрохлорид морфина (5–10 мг/кг), гидрохлорид кодеин (30 мг/кг), гидрохлорид феназон (30 мг/кг) и петидин (демерол) (400 мг/кг) при вводе подкожно [31].



Рис. 4. Различные варианты тестовой установки [20-23].

Проведение эксперимента

Регистрируют время с момента помещения животного на горячую поверхность до появления поведенческого ответа на ноцицептивную стимуляцию [17]:

- облизывание задней лапы,
- отдёргивание задней лапы,
- прыжковые реакции.

Облизывание задней лапы является наиболее распространённым и надёжным показателем [17].

Максимальное время тестирования составляет 1 мин, во избежание повреждения тканей [18]. Критерием анальгетического эффекта считают достоверное увеличение латентного периода реакции после введения вещества [14].

На болевой ответ более эффективно воздействуют анальгетики центрального действия, чем периферические (аспирин, фенилуксусная кислота) [24]. Разные группы анальгетиков по-разному влияют на поведенческие реакции. Опиоиды обычно удлиняют латентный период реакции облизывания конечности, а нестероидные противовоспалительные средства (аспирин или парацетамол) – прыжковую реакцию, особенно если температура поверхности 50°C и ниже или температура линейно повышается от 43 до 52°C со скоростью 2,5°C/мин [14, 18].

Преимущества теста

1. Валидность теста была доказана даже при наличии значительных моторных нарушений [25].
2. Тест чувствителен к слабым анальгетикам, таким как аспирин и парацетамол [18].

Недостатки метода

1. Седативные препараты, миорелаксанты и психотомиметики вызывают неадекватные болевые реакции у животных [24].
2. Реакция на вещества смешанного опиатного агонистического-антагонистического действия не является надёжным показателем в пределах данного теста [26].
3. Тестирование необходимо проводить не чаще одного раза в день, а по возможности и в неделю, во избежание сокращения латентного периода реакции [14].

ФОРМАЛИНОВЫЙ ТЕСТ

Тест разработан Dubuisson D. и Dennis S.G. (1977) [27] и предполагает регистрацию ноцицептивной реакции грызунов на умеренную, непрерывную боль, вызванную повреждением тканей формалином [27–29]. В этом смысле «формалиновый тест» отличается от большинства традиционных тестов на ноцицепцию, которые полагаются на краткие стимулы пороговой интенсивности. Считается [27], что тест обеспечивает более эффективную модель клинической боли, чем тесты с фазными механическими или температурными раздражителями.

Механизм развития ноцицептивного ответа

В ответ на введение формалина развиваются две болевые фазы [27]. Первая фаза длится в течение 3–5 мин. с начала инъекции, что связано с химическим воздействием на ноцицепторы и активацией С-волокон. Затем на протяжении 10–15 мин. болевой ответ практически отсутствует. Вторая фаза начинается спустя 15–20 мин. после инъекции и длится 20–40 мин, что связано с воспалительной реакцией. Субстанция Р и брадикинин участвует в первой фазе, в то время как гистамин, серотонин, простагландины и брадикинин – во второй [27]. Также одним из механизмов ноцигенного действия формалина является активация TRPA1 каналов, реагирующих в норме на холод и стимулирующих развитие воспаления [14].

Опиоидные анальгетики блокируют обе фазы болевого ответа. Нестероидные противовоспалительные средства подавляют только вторую фазу, а местные анестетики – только первую [30].

Подготовка к эксперименту

Выбор концентрации формалина. Концентрация формалина может быть от 0,05 до 15 % (чаще используют 2–5 % раствор) [27]. Использование формалина в большей концентрации нежелательно, т.к. вызывает у крыс ярко выраженный «эффект замирания» и низкий уровень проявления поведенческих болевых реакций. Формалин в концентрации ниже 1 % может иметь преимущества по сравнению с обычными концентрациями. Так, концентрация формалина до 0,25 % может быть достаточной, чтобы вызвать двухфазный ноцицептивный ответ. При введении формалина в низких концентрациях наблюдается субмаксимальный болевой ответ, без порогового эффекта. Это не только облегчает обнаружение слабых анальгетиков, но также делает возможным выявление гипералгезии и, кроме того, наносит минимальные повреждения периферическим тканям [27].

Условия тестирования. Стресс-факторы окружающей среды (звуки, запахи, новая обстановка) маскируют болевой ответ в первой фазе. Поэтому эксперимент проводится в знакомой для грызунов обстановке с устранением всех возможных стрессорных агентов [27].

У мышей поведенческий ответ во второй фазе зависит от температуры окружающей среды. Для получения чётких результатов она должна быть не менее 22–23°C [27].

Проведение эксперимента

Острую воспалительную реакцию вызывают введением формалина в дозе 50 мкл для крыс и 20 мкл для мышей [14]. Формалин рекомендуется вводить в заднюю лапу, так как естественный груминг грызунов редко включает задние лапы, что обеспечивает более достоверную регистрацию болевых реакций [27]. Зачастую инъекции осуществляют в дорсальную или подошвенную часть лапы (субплантарно), однако возможно инъецирование и в другие части тела, например, формалин вводят в область тройничного нерва для оценки орофациальной боли (рис. 5) [26, 31, 32].

Регистрируют число болевых реакций (постукивание лапой об пол, покусывание лапы и т. д.) в течение 60 мин. В зависимости от введенной концентрации формалина можно зарегистрировать 4 типа поведенческих реакций [2, 26, 33]: 0 – отсутствие реакции; 1 – лапа остается на земле, но животное на нее не опирается; 2 – лапа поднята; 3 – животное облизывает или грызет лапу либо встряхивает ей (рис. 6). Вздрагивание или подёргивание инъецированной лапой являются альтернативными показателями болевой ответа, которые, по мнению Wheeler-Aceto H. и Cowan A., более надёжны, чем облизывание или покусывание лапы [29].

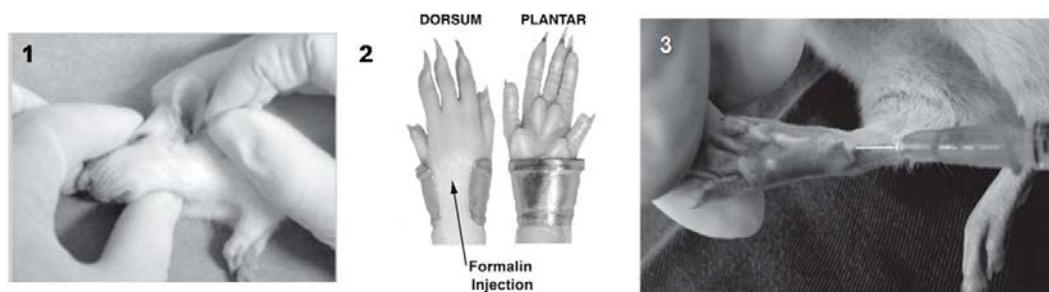


Рис. 5. Инъекция грызунам формалина [26, 31, 32]: 1 – в область тройничного нерва, 2 – в дорсальную поверхность лапы, 3 – под подошвенный апоневроз.



Рис. 6. Болевые поведенческие реакции у крыс [26, 33]: 1 – лапа остается на земле, но животное на неё не опирается; 2 – лапа поднята, 3 – лапа облизывается, грызётся.

Сходные поведенческие реакции можно регистрировать при введении в качестве раздражающего агента капсаицина (0,1 %), серотонина (0,1 %) или глутамата (0,5 моль/л) [14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее распространенным болевым раздражителем в экспериментальном доклиническом тестировании различных факторов является электрический ток в тесте «электростимуляция». Преимущество этого теста заключается в легкой воспроизводимости результатов и провоцировании ярко выраженных поведенческих эффектов. В отличие от других болевых тестов, тест «горячая вода» чувствителен к действию слабых анальгетиков, а также позволяет проводить многократные эксперименты на одних и тех же животных, а валидность теста «горячая пластина» была доказана даже при наличии значительных моторных нарушений. Формалиновый тест обеспечивает более эффективную модель клинической боли, чем тесты с фазными механическими или температурными раздражителями. Не стоит забывать, что лабораторные животные достаточно быстро обучаются «ложным» реакциям в ответ на воздействие болевых раздражителей. Поэтому болевые тесты не стоит использовать чаще, чем один раз в день, а по возможности и раз в неделю, во избежание искажения экспериментальных данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания № 2015/701 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках проекта «Обоснование применения оздоровительно-превентивных технологий на основе действия низкоинтенсивных факторов различной природы» базовой части государственного задания Минобрнауки России.

Список литературы

1. Кассиль Г. Н. Наука о боли. 2-е дополненное издание / Г.Н. Кассиль. – Москва: Наука, 1975. – 400 с.
2. Буреш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Я. Буреш, О. Бурешова, Д.П. Хьюстон. – Москва: Высш. шк., 1991. – 399 с.
3. Masterson, F.A. Techniques of electric shock motivation // Methods in psychobiology / F.A. Masterson, B.A. Campbell – 1972. – V. 2. – P. 21–58.
4. O'Kelly L.I. A note on long enduring emotional responses in the rat / L.I. O'Kelly, L.C. Steckle // The Journal of Psychology. – 1939. – V. 8, № 1. – P. 125–131.
5. Campbell B.A. Punishment and aversive behavior / B.A. Campbell, R.M. Church. – New York: Appleton-Century-Crofts and Fleschner Publishing Company, 1969. – 597 p.
6. Potvin S. Human evidence of a supra-spinal modulating role of dopamine on pain perception / S Potvin., S. Grignon, S. Marchand // Synapse. – 2009. – V. 63, Iss. 5. – P. 390–402.
7. Scott D.J. Variations in the human pain stress experience mediated by ventral and dorsal basal ganglia dopamine activity / D.J. Scott, M.M. Heitzeg, R.A. Koeppe, C.S. Stohler, J.K. Zubieta // The Journal of Neuroscience. – 2006. – № 26(42). – P. 10789–10795.
8. Wood P.B. Role of central dopamine in pain and analgesia / P.B Wood // Expert Review of Neurotherapeutics. – 2008. – V. 8, № 5. – P. 781–797.
9. Нейрофизиологические механизмы восприятия боли: Dendrit – лекции, учебники, справочники для студентов-медиков. [Электронный ресурс]. URL: <http://dendrit.ru/page/show/mnemonic/neyrofizyologicheskie-mehanizmy-vozpriya> (дата обращения 20.09.2015).
10. Basic Neurological Screening. Tail Immersion Test: UCLA Behavioral Testing Core Facility [Электронный ресурс]. – URL: <http://btc.psych.ucla.edu/neuroscreen.htm> (дата обращения 12.08.2015)
11. Sewell R.D.E. Antinociceptive activity of narcotic agonist and partial agonist analgesics and other agents in the tail-immersion test in mice and rats / R.D.E. Sewell, P.S.J. Spencer // Neuropharmacology. – 1976. – V. 15, № 11. – P. 683–688.

12. Ben-Bassat J. Analgesimetry and ranking of analgesic drugs by the receptacle method / J. Ben-Bassat, E. Peretz, F.G. Sulman // *Arch Int Pharmacodyn Ther.* – 1959. – V. 122. – P. 434–447.
13. Molina N. Sex-related differences in the analgesic response to the rat tail immersion test / N. Molina, M.T. Bedran-de-Castro, J.C. Bedran-de-Castro // *Brazilian journal of medical and biological research.* – 1994. – V. 27, № 7. – P. 1669–1672.
14. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая / под ред. А.Н. Миронова [и др.] – Москва: Гриф и К, 2012. – 944 с.
15. Luttinger D. Determination of antinociceptive efficacy of drugs in mice using different water temperatures in a tail-immersion test / D. Luttinger // *Journal of pharmacological methods.* – 1985. – V. 13, № 4. – P. 351–357.
16. Mazzuca M. Newborn analgesia mediated by oxytocin during delivery / M. Mazzuca, M. Minlebae, A. Shakirzyanova, R. Tyzio, G. Taccola, S. Janackova, S. Gataullina, Y. Ben-Ari, R. Giniatullin, R. Khazipov // *Frontiers in cellular neuroscience.* – 2011. – V. 5. – P. 1–9.
17. Espejo E.F. Structure of the rat's behaviour in the hot plate test / E.F. Espejo, D. Mir // *Behavioural brain research.* – 1993. – V. 56, № 2. – P. 171–176.
18. Hunskaar S. A modified hot-plate test sensitive to mild analgesics / S. Hunskaar, O.G. Berge, K. Hole // *Behavioural brain research.* – 1986. – V. 21, № 2. – P. 101–108.
19. Ibrionke G.F. Forced Swimming Stress-Related Hypoalgesia: Nondependence on the Histaminergic Mechanisms / G.F. Ibrionke, K.S. Rasak // *Neurophysiology.* – 2013. – V. 45, № 4. – P. 340–343.
20. ИТС Hot Cold Plate Analgesia Meter for Mice and rats: Life Science [Электронный ресурс]. – URL: <http://wjrparks.com/dev12/hot-cold-plate-analgesia-meter/> (дата обращения 12. 09. 2015).
21. Model MK-350D. Hot Plate Analgesia Meter: Muromachi Kikai Co., Ltd [Электронный ресурс]. – URL: <http://muromachi.com/en/archives/english/1724/> (дата обращения 19. 09. 2015).
22. Ugo Basile Hot/Cold Plate: Otto Environmental [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ottoenvironmental.com/ugo-basile-hotcold-plate> (дата обращения 27. 0. 2015).
23. Tjølsen A. The increasing-temperature hot-plate test: an improved test of nociception in mice and rats / A. Tjølsen, J.H. Rosland, O.G. Berge, K. Hole // *Journal of pharmacological methods.* – 1991. – V. 25, № 3. – P. 241–250.
24. Vogel, G.H. Analgesic, anti-inflammatory, and antipyretic activity / G.H. Vogel, W.H. Vogel // *Drug Discovery and Evaluation.* – Springer Berlin Heidelberg, 1997. – P. 360–420.
25. Plummer J.L. Assessment of antinociceptive drug effects in the presence of impaired motor performance / J.L. Plummer, P.L. Cmielewski, G.K. Gourlay, H. Owen, M.J. Cousins // *Journal of pharmacological methods.* – 1991. – V. 26, № 1. – P. 79–87.
26. Formalin test: Physiological Research [Электронный ресурс]. – URL: <http://physiologicalresearch.weebly.com/formalin-test.html> (дата обращения 22.09.2015).
27. Tjølsen A. The formalin test: an evaluation of the method / A. Tjølsen, O.G. Berge, S. Hunskaar, J.H. Rosland, K. Hole // *Pain.* – 1992. – V. 51, № 1. – P. 5–17.
28. Ellis, A. The rat formalin test: Can it predict neuropathic pain treatments? / A. Ellis, N. Benson, I. Machin, L. Corradini // *Proceedings of Measuring Behavior 2008*, eds. A.J. Spink [et al.]. – Maastricht, The Netherlands, August 26-29, 2008. – P. 324–325.
29. Wheeler-Aceto H. Standardization of the rat paw formalin test for the evaluation of analgesics / H. Wheeler-Aceto, A. Cowan // *Psychopharmacology.* – 1991. – V. 104. – P. 35–44.
30. Hunskaar S. The formalin test in mice: dissociation between inflammatory and non-inflammatory pain / S. Hunskaar., K. Hole // *Pain.* – 1987. – V. 30, № 1. – P. 103–114.
31. Gameiro G.H. Influence of ethanol and morphine on pain perception evoked by deep tissue injury / G.H. Gameiro, M.T. Arthuri, C.H. Tambeli, M.C.F.D.A. Veiga // *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas.* – 2004. – V. 40, № 3. – P. 316–325.
32. Yaksh T.L. An automated flinch detecting system for use in the formalin nociceptive bioassay / T.L. Yaksh, G. Ozaki, D. McCumber // *Journal of applied physiology.* – 2001. – V. 90, № 6. – P. 2386–2402.
33. Melzack R. The tragedy of needless pain / R. Melzack // *Scientific American.* – 1990. – V. 262, № 2. – P. 27–33.

METHODS OF EXPERIMENTAL PRE-CLINICAL TESTING OF ANALGESIC EFFECT OF VARIOUS FACTORS ON LABORATORY RATS AND MICE

Chajka A. V., Cheretaev I. V., Khusainov D. R.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
E-mail: andrew.chajka@yandex.ru*

Experimental study of pain helps to understand the mechanisms, characteristics, physiological manifestation of pain and is important for physiology of pain, practice of biomedicine and pharmacology. To understand the causes and mechanisms of pain, to find the necessary pain medication, to study the impact of pain on the body easier in a laboratory experiment, in relevant pre-clinical pain models than in the clinical practice.

To cause pain to the animal, typically use mechanical, electrical, thermal, chemical stimuli. This review summarizes literature data concerning experimental methods to assess changes in pain sensitivity in rodents under the influence of various factors. A detailed procedure following pain tests: «electrical stimulation», «tail-flick test», «hot plate test», «formalin test». Also we are presented a brief description of the formation mechanisms of pain response.

The most usable pain stimulus in all laboratories of the world is an electric current. It has the advantage of easy reproducibility and provoking pronounced behavioral effects. Unlike other painful tests, the «tail-flick test» is sensitive to the effects of weak analgesics, and also allows multiple experiments on the same animals, and the validity of the test «hot plate» has been proven even in the presence of significant motor disorders. Then, as «formalin test» provides a more effective model for clinical pain than tests with slip-ring mechanical or thermal stimuli.

Don't forget that laboratory animals quickly learn the «false» reactions in response to painful stimuli. So, painful tests should not be used more than once a day, or even once a week, to avoid distortion of the experimental data.

Keywords: mechanisms of pain, test of electrical stimulation, hot plate test, tail-flick test, formalin test.

References

1. Kassil G.N., *Nauka o boli*, 400 p. (Nauka, Moskva, 1975).
2. Buresh Ya., Bureshova O. and Khyuston D.P., *Metodiki i osnovnye eksperimenty po izucheniyu mozga i povedeniya*, 399 p. (Vyssh. shk., Moskva, 1991).
3. Masterson F.A. and Campbell B.A., Techniques of electric shock motivation, *Methods in psychobiology*, **2**, 21 (1972).
4. O'Kelly L.I. and Steckle L.C., A note on long enduring emotional responses in the rat, *The Journal of Psychology*, **8 (1)**, 125 (1939).
5. Campbell B.A. and Church R.M., *Punishment and aversive behavior*, 597 p. (Appleton-Century-Crofts and Fleschner Publishing Company, New York, 1969).
6. Potvin S., Grignon S. and Marchand S., Human evidence of a supra-spinal modulating role of dopamine on pain perception, *Synapse*, **63 (5)**, 390 (2009).
7. Scott D.J., Heitzeg M.M., Koeppe R.A., Stohler C.S. and Zubieta J.K., Variations in the human pain stress experience mediated by ventral and dorsal basal ganglia dopamine activity, *The Journal of Neuroscience*, **26 (42)**, 10789 (2006).

8. Wood P.B., Role of central dopamine in pain and analgesia, *Expert Review of Neurotherapeutics*, **8** (5), 781 (2008).
9. Nejrofiziologicheskie mekhanizmy vospriyatiya boli, *Dendrit – leksii, uchebniki, spravochniki dlya studentov-medikov* (dendrit.ru, 2015).
10. Basic Neurological Screening. Tail Immersion Test, *UCLA Behavioral Testing Core Facility* (Los Angeles, CA, USA, 2015).
11. Sewell R.D.E. and Spencer P.S.J., Antinociceptive activity of narcotic agonist and partial agonist analgesics and other agents in the tail-immersion test in mice and rats, *Neuropharmacology*, **15** (11), 683 (1976).
12. Ben-Bassat J., Peretz E. and Sulman F.G., Analgesimetry and ranking of analgesic drugs by the receptacle method, *Arch Int Pharmacodyn Ther.*, **122**, 434 (1959).
13. Molina N., Bedran-de-Castro M.T. and Bedran-de-Castro J.C., Sex-related differences in the analgesic response to the rat tail immersion test, *Brazilian journal of medical and biological research*, **27** (7), 1669 (1994).
14. Mironova A.N., *Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovanij lekarstvennykh sredstv. Chast pervaya*, 944 p. (Grif i K, Moskva, 2012).
15. Luttinger D., Determination of antinociceptive efficacy of drugs in mice using different water temperatures in a tail-immersion test, *Journal of pharmacological methods*, **13** (4), 351 (1985).
16. Mazzuca M., Minlebae M., Shakirzyanova A., Tyzio R., Taccola G., Janackova S., Gataullina S., Ben-Ari Y., Giniatullin R. and Khazipov R., Newborn analgesia mediated by oxytocin during delivery, *Frontiers in cellular neuroscience*, **5**, 1 (2011).
17. Espejo E.F. and Mir D., Structure of the rat's behaviour in the hot plate test, *Behavioural brain research*, **56** (2), 171 (1993).
18. Hunskaar S., Berge O.G. and Hole K., A modified hot-plate test sensitive to mild analgesics, *Behavioural brain research*, **21** (2), 101 (1986).
19. Ibrionke G.F. and Rasak K.S., Forced swimming stress-related hypoalgesia: nondependence on the histaminergic mechanisms, *Neurophysiology*, **45** (4), 340 (2013).
20. IITC Hot Cold Plate Analgesia Meter for Mice and rats, *IITC Life Science* (Woodland Hills, CA, USA, 2015).
21. Model MK-350D. Hot Plate Analgesia Meter, *Muromachi Kikai Co., Ltd* (Tokyo, Japan, 2015).
22. Ugo Basile Hot/Cold Plate, *Otto Environmental* (Greenfield, WI, USA, 2015).
23. Tjølsen A., Rosland J.H., Berge O.G. and Hole K., The increasing-temperature hot-plate test: an improved test of nociception in mice and rats, *Journal of pharmacological methods*, **25** (3), 241 (1991).
24. Vogel G.H. and Vogel W.H., *Analgesic, anti-inflammatory, and antipyretic activity*, in: Drug Discovery and Evaluation. Pharmacological assays, 360 (1997).
25. Plummer J.L., Cmielewski P.L., Gourlay G.K., Owen H. and Cousins M.J., Assessment of antinociceptive drug effects in the presence of impaired motor performance, *Journal of pharmacological methods*, **26** (1), 79 (1991).
26. Formalin test, *Physiological Research* (2015).
27. Tjølsen A., Berge O.G., Hunskaar S., Rosland J.H. and Hole K., The formalin test: an evaluation of the method, *Pain*, **51** (1), 5 (1992).
28. Ellis A, Benson N., Machin I. and Corradini L., The rat formalin test: Can it predict neuropathic pain treatments?, *Proceedings of Measuring Behavior 2008, 6th International Conference on Methods and Techniques in Behavioral Research*, edited by Spink A.J. (Maastricht, The Netherlands, 2008), p. 324.
29. Wheeler-Aceto H. and Cowan A. Standardization of the rat paw formalin test for the evaluation of analgesics, *Psychopharmacology*, **104**, 35 (1991).
30. Hunskaar S. and Hole K., The formalin test in mice: dissociation between inflammatory and non-inflammatory pain, *Pain*, **30** (1), 103 (1987).
31. Gameiro G.H., Arthuri M.T., Tambeli C.H. and Veiga M.C.F.D.A., Influence of ethanol and morphine on pain perception evoked by deep tissue injury, *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, **40** (3), 316 (2004).
32. Yaksh T.L. Ozaki G. and McCumber D., An automated flinch detecting system for use in the formalin nociceptive bioassay, *Journal of applied physiology*, **90** (6), 2386 (2001).
33. Melzack R., The tragedy of needless pain, *Scientific American*, **262** (2), 27 (1990).

Поступила в редакцию 22.10.2015 г.

УДК 631.53.027:631.811.98

СТИМУЛИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА ЦИРКОН НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ГОРОХА

Чмелева С. И., Кучер Е. Н., Ситник М. И.

*Таврическая академия КФУ имени В.И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым,
Россия*

E-mail: schmeleva@mail.ua

Приведены результаты исследования влияния различных концентраций препарата Циркон на посевные качества и прорастание семян гороха сорта Мадонна. Установлено, что предпосевная обработка препаратом стимулирует прорастание семян, при этом возрастает энергия прорастания, всхожесть и увеличиваются значения степени, интенсивности и скорости набухания. Данный эффект зависит от концентрации действующего вещества и сохраняется на протяжении всего эксперимента. Наилучшие результаты были получены при обработке семян раствором исследуемого препарата в концентрации 0,075 мг/л.

Ключевые слова: регуляторы роста, Циркон, посевные качества семян, набухание семян, горох.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Республике Крым в связи с возрастающим антропогенным воздействием актуальной является проблема устойчивости культурных растений к недостаточному водообеспечению. В условиях пониженной почвенной влажности происходят значительные и постепенно усиливающиеся изменения большинства физиологических процессов в организме растений.

Первым критическим периодом в жизненном цикле растений является развитие от посева до всходов. От условий его протекания зависит всё дальнейшее вегетативное и репродуктивное развитие и, в конечном итоге, формирование урожая [1]. Водопоступление и идущее на его фоне набухание семени – это пусковые процессы, происходящие при прорастании. Значение воды на этом этапе жизни растения заключается в общей активизации метаболизма, при этом происходит высвобождение веществ из связанных форм [2].

Горох (*Pisum sativum* L.) – основная зернобобовая культура в нашей стране. В связи с тем, что горох достаточно требователен к водному режиму, его урожайность в значительной степени зависит от условий водообеспечения. Низкая продуктивность культуры обусловлена главным образом физиологическими причинами: высокой чувствительностью к дефициту влаги при набухании семян и прорастании, медленным начальным ростом [3].

В последние годы в сельскохозяйственной практике широко применяются многочисленные регуляторы роста растений, использование которых направлено как на увеличение урожая, так и на повышение устойчивости растительного

организма к экстремальным условиям окружающей среды [4]. Особое внимание уделяется экологическим аспектам применения препаратов, которые, как правило, являются малотоксичными соединениями с невыраженной видовой чувствительностью, слабой кумулятивностью, широким спектром биологического действия [5]. При этом, будучи естественными соединениями, они непосредственно включаются в метаболизм растений, не оказывая вредного влияния на почву и окружающую среду [6].

Всеми перечисленными свойствами обладает препарат нового поколения Циркон. Его действующим веществом является смесь гидроксикоричных кислот (ГКК), получаемых из растительного сырья эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) [7]. ГКК относятся к обширному классу фенольных соединений, повсеместно распространенных в растениях [8]. Биологическая активность Циркона в значительной степени обусловлена антиоксидантными свойствами, характерными для фенольных соединений. Циркон в растениях выполняет функции регулятора роста, иммуномодулятора и антистрессового адаптогена. ГКК осуществляют важнейшую для клетки антиоксидантную функцию посредством активирования соответствующих ферментных систем, и компенсируют дефицит природных регуляторов роста [9–11].

Целью настоящей работы явилось изучение особенностей влияния препарата Циркон на посевные качества и прорастание семян гороха сорта Мадонна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования использовались семена гороха посевного (*Pisum sativum* L. CV 'Мадонна'). Отобранные по средним размерам и протравленные в слабом растворе перманганата калия семена замачивали в водных растворах препарата Циркон (0,025 мг/л; 0,05 мг/л; 0,075 мг/л; 0,1 мг/л), закладывали на фильтровальную бумагу в кюветы для прорастания. Для сравнения использовались семена, замоченные в отстоянной водопроводной воде. Кюветы находились в термостате типа ТС-80М-2. Температура поддерживалась на уровне +20°C.

Энергию прорастания и лабораторную всхожесть определяли согласно требованиям ГОСТ 12038-84. Степень набухания – по У. Руге в изложении О.А. Вальтера и др. [12]. Для определения степени набухания навески семян в воздушно-сухом состоянии помещали в химические стаканы объемом 200 мл и заливали растворами регулятора роста (100 мл) согласно схеме опыта. Через каждые 60 минут в течение 24 часов семена извлекали, быстро обсушивали фильтровальной бумагой, взвешивали и рассчитывали степень набухания. Об интенсивности набухания семян судили по изменению массы семян в процессе проращивания. Расчет производился по формуле [13]:

$$\Delta M = (M_k - M_c) / M_c * 100 \%,$$

где:

ΔM – интенсивность набухания, %;

M_k – масса семян на конец учетного периода, г;

M_c – масса сухих семян, г.

Скорость набухания семян рассчитывали по формуле [14]:

$$C_{\text{кн}} = (M_{\text{к}} - M_{\text{н}}) / (M_{\text{н}} \times \Delta t) \times 1000$$

где:

$C_{\text{кн}}$ – скорость набухания семян, $\text{мг} \times (\text{г} \times \text{ч})^{-1}$;

$M_{\text{к}}$ – масса семян на конец учетного периода, г;

$M_{\text{н}}$ – масса семян варианта опыта на начало учетного периода, г;

Δt – продолжительность учетного периода, г;

1000 – коэффициент перевода массы из г в мг.

Морфометрические параметры оценивали по стандартным методикам [15].

Статистическая обработка результатов проведена с использованием коэффициента Стьюдента [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Прорастание семян – сложный и обуславливаемый влиянием комплекса разнообразных факторов период в жизни растительного организма. Начальные фазы этого периода сопровождаются процессами, эффективность которых характеризует посевные качества семян и определяет состояние формирующихся проростков [17]. Среди посевных качеств семян важную роль играют энергия прорастания и лабораторная всхожесть.

Результаты исследований по изучению влияния препарата Циркон на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян гороха приведены на рисунке 1.

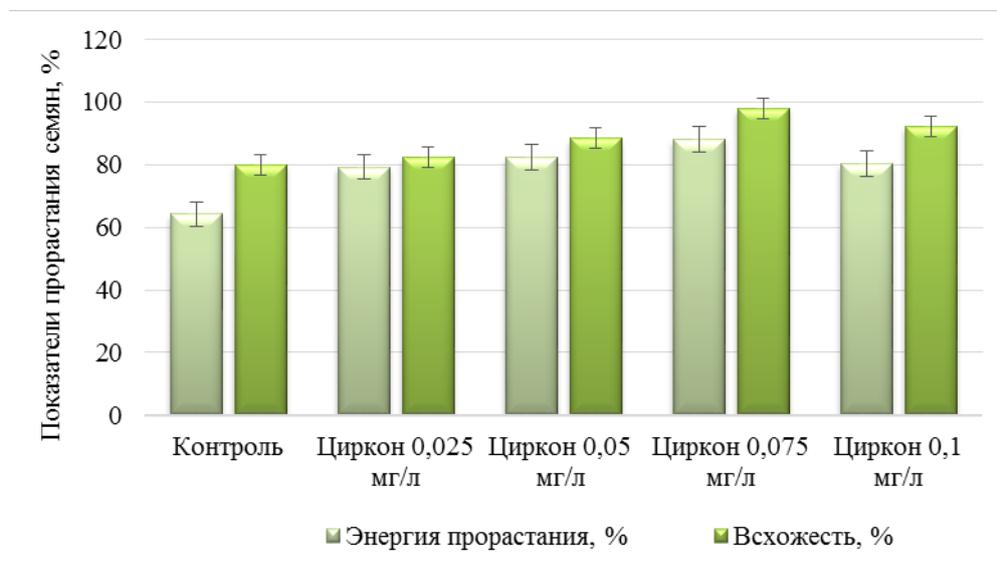


Рис. 1. Влияние препарата на энергию прорастания и всхожесть семян гороха.

Полученные нами данные свидетельствуют, что все используемые концентрации синтетического регулятора роста оказывали стимулирующее действие на прорастание семян гороха. В контрольном варианте энергия прорастания составила 64,2 %, а всхожесть – 80,4 %. Наилучшие результаты были получены под действием препарата Циркон в концентрации 0,075 мг/мл. Величина показателей достигала соответственно 88,2 % и 98,0 %, что на 37,8 % и 21,9 % выше, чем в контроле (см. рис. 1).

Известно, что семена, находящиеся в состоянии вынужденного покоя, в период прорастания проходят три этапа: активация метаболизма; подготовка к началу роста растяжением; собственно, рост органов проростка.

На первом этапе – этапе гидратации – гидрофобные частицы спонтанно притягивают воду. Этот процесс сопровождается переходом в активное состояние ферментов, витаминов, регуляторов роста, что обеспечивает мобилизацию запасных питательных веществ путем их гидролиза и поступление растворимых веществ к точкам роста. Поэтому быстрота и степень набухания семян связаны с пробуждением зародыша к активной жизнедеятельности [17–19].

Нами проведено изучение особенностей влияния обработки семян гороха препаратом Циркон на степень их набухания при прорастании. В результате было установлено, что процессы водопоступления в семенах гороха соответствуют классическим представлениям и характеризуются наличием кривой набухания, имеющей S-образный вид (рис. 2).

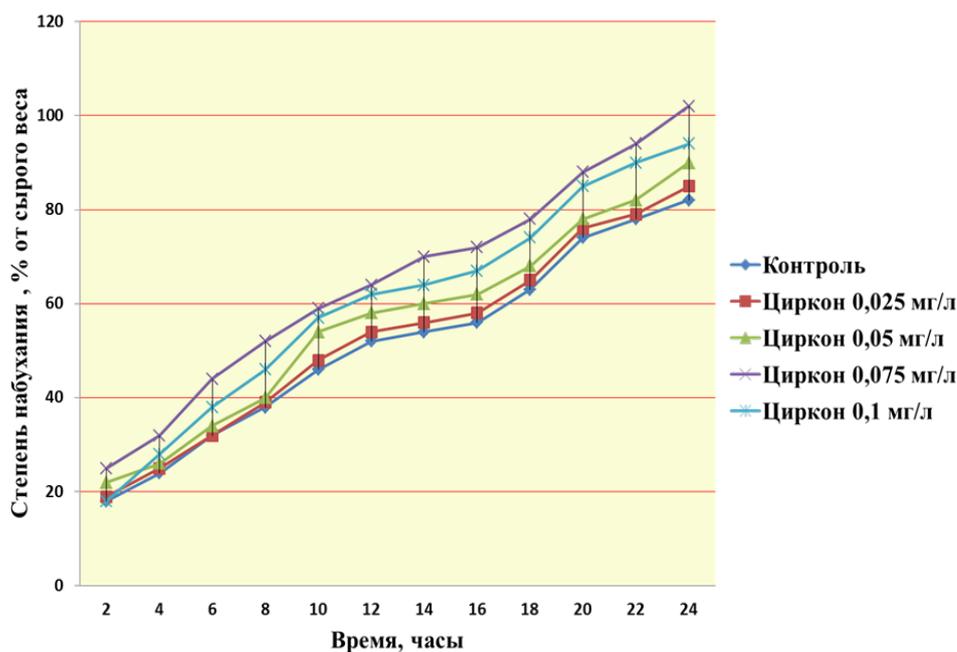


Рис. 2. Влияние препарата на степень набухания семян гороха при прорастании.

Показано, что под действием препарата Циркон происходило увеличение степени набухания семян гороха по сравнению с контролем в течение всего периода измерений.

Наиболее интенсивное набухание отмечалось в первые 4–8 часов замачивания семян. К этому моменту семена гороха достигали уровня 38,0–52,0 % влажности во всех опытных вариантах и контроле. Наивысшие результаты были получены при предпосевном замачивании в растворе регулятора роста концентрацией 0,075 мг/л. Влажность семян на 26,0–36,8 % превышала значения показателя в контрольном варианте.

Примерно через 12 часов после замачивания (второй этап прорастания – подготовка к растяжению клеток) наблюдался лаг-период, в течение которого скорость поглощения кислорода и воды, а также уровень АТФ у всех исследуемых вариантов не изменялись. Разница в величине показателя между контрольными и опытными вариантами сохранялась. Лаг-период в этом случае может рассматриваться как время, в течение которого первичный стимул (вода) вызывает ответную метаболическую реакцию и активацию или синтез факторов прорастания (гормонов) [17, 20].

Следующая за лаг-периодом фаза (16–20 часов после намачивания) характеризовалась повторным увеличением темпов водопоступления, однако степень набухания возрастала не так значительно, как на первых этапах поглощения воды семенем. К этому моменту семена гороха в контроле и всех опытных вариантах достигали уровня влажности 74,1–88,3 %. Под действием препарата Циркон были получены результаты, превышающие величину показателя в контроле на 2,7–18,9 % (см. рис.3).

Установлено, что в ходе исследования масса испытуемых семян увеличилась в 1,8–2,1 раза в зависимости от варианта опыта. Результаты изучения влияния регулятора роста на интенсивность и скорость набухания семян представлены в таблице.

Таблица

Влияние препарата Циркон на интенсивность и скорость набухания семян гороха ($\bar{x} \pm S_x$)

Варианты опыта	Интенсивность набухания, %	Скорость набухания, $\text{мг} \times (\text{г} \times \text{ч})^{-1}$
Контроль	82,0±1,90	34,2±0,41
Циркон 0,025 мг/л	85,0±2,42	35,4±0,52
Циркон 0,05 мг/л	89,9±1,04	37,5±0,43
Циркон 0,075 мг/л	101,9±1,20	42,5±0,62
Циркон 0,1 мг/л	94,0±3,08	39,2±0,38

Примечание к таблице: разница средних значений контроля и опыта достоверна при $P \leq 0,01$ для всех вариантов.

Полученные данные свидетельствуют, что все используемые концентрации препарата Циркон оказали стимулирующее действие на исследуемые процессы. Наивысшие результаты получены под действием концентрации регулятора роста, равной 0,075 мг/л: интенсивность и скорость набухания семян на 24,3 % выше, чем в контроле (рис. 3, см. табл.). Варианты, обработанные различными концентрациями исследуемого препарата, достоверно опережали контрольные растения по величине ростовых параметров (рис. 3). Ускоренное развитие растений гороха на начальных этапах роста, сопровождаемое интенсивным накоплением биомассы, является залогом увеличения урожая данной культуры.

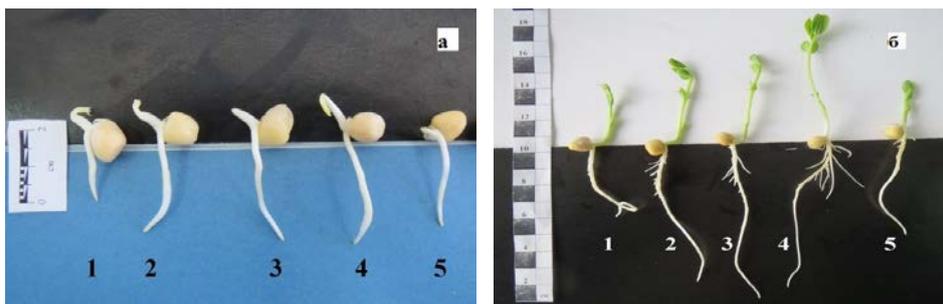


Рис. 3. Внешний вид проростков гороха под действием препарата Циркон: а) – 4-дневные, б) – 8-дневные: 1 – контроль (без обработки препаратом); 2 – 0,025 мг/л; 3 – 0,05 мг/л; 4 – 0,075 мг/л; 5 – 0,1 мг/л.

Таким образом, установлено, что процессы водопоступления в семенах гороха описываются кривой, имеющей трехфазный характер, что соответствует современным представлениям о набухании семян [17, 18, 20]. Использование препарата Циркон в различных концентрациях не изменяет общей направленности процесса водопоступления, но увеличивает его скорость, которая выражается в более раннем достижении пороговых уровней, необходимых для активизации метаболических процессов семени. Показано значительное улучшение посевных качеств семян гороха посевного сорта Мадонна при проведении предварительного замачивания семян препаратом Циркон в предложенных нами для исследования дозах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенные исследования показали, что предпосевная обработка препаратом Циркон стимулирует прорастание гороха сорта Мадонна, улучшая посевные качества семян и активизируя процессы водопотребления.
2. Наиболее эффективной по действию на изучаемые показатели является предпосевная обработка раствором препарата в концентрации 0,075 мг/л. Показано стимулирующее влияние регулятора роста в данной концентрации на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян, а также на их степень, интенсивность и скорость набухания.

3. Полученные результаты подтвердили перспективность использования препарата Циркон для предпосевной обработки семян гороха.

Список литературы

1. Полевой А. Н. Моделирование развития зерновых культур на ранних этапах онтогенеза и формирования всходов / А. Н. Полевой, В. В. Сеницына // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2013. – Т. 25. – С. 265–288.
2. Исайчев В. А. Физиолого-биохимические процессы в прорастающих семенах озимой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки роторегуляторами и микроэлементами / В. А. Исайчев, О. Г. Музурова // Матер. научно-практической конференции «Молодежь и наука XXI века». – Ульяновск, 2006. – С. 60–66.
3. Мальшев А. В. Урожайность и качество гороха при использовании регуляторов роста, микроэлементов и ризоторфина на черноземах южных Оренбургского Предуралья: диссертация на соискание учен. степени кандидата с.-х. наук / А. В. Мальшева. – Оренбург, 2009. – 235 с.
4. Шевелуха В. С. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве / В. С. Шевелуха, В. М. Ковалев, Л. Г. Груздев // Вестник с.-х. науки. – 1985. – № 9. – С. 57–65.
5. Карпова Г. А. Изменение ферментативной активности и посевных качеств семян ячменя и проса под действием регуляторов роста / Г. А. Карпова, М. Е. Миронова // II Всероссийская научно-практическая конференция «Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства» – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – С. 95–97.
6. Дорошенко Н. П. Препараты ННПП «НЭСТ М» в исследованиях по биотехнологии винограда / Н. П. Дорошенко, А. Н. Ребров // Международная научная конференция «Интенсификация плодородия Беларуси: традиции, достижения, перспективы»: 1 сентября - 1 октября 2010 г.: тез. докл. – Самохваловичи, 2010. – С. 135–139.
7. Малеванная Н. Н. Ростостимулирующая и иммуномодулирующая активности природного комплекса гидроксикоричных кислот (препарат Циркон) / Н. Н. Малеванная // IV Международная научная конференция «Регуляция роста, развития и продуктивности растений». – Минск, 2005. – С. 141.
8. Запрометов М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях / М. Н. Запрометов. – М.: Наука, 1993. – 272 с.
9. Малеванная Н. Н. Препарат циркон – иммуномодулятор нового типа / Н. Н. Малеванная // Научно-практическая конференция «Применение препарата циркон в производстве сельскохозяйственной продукции». – М., 2004. – С. 17–20.
10. Малеванная Н. Н. Циркон – новый стимулятор роста и развития растений / Н. Н. Малеванная // VI Международная конференция "Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях". – М., 2001. – С. 163–171.
11. Ткачук О. А. Эффективность применения регуляторов роста при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья / О. А. Ткачук, Е. В. Павликова, А. Н. Орлов // Молодой ученый. – 2013. – № 4. – С. 677–679.
12. Вальтер О. А. Практикум по физиологии растений с основами биохимии / О. А. Вальтер, Л. М. Пиневиц, Н. Н. Варасов. – М., Л.: Гос. изд-во сельскохоз. лит-ры, 1959. – 258 с.
13. Камёнок Л. К. Изучение ростостимулирующего действия дельта-эндотоксина на примере растений огурца / Л. К. Каменёк, В. М. Каменёк, И. В. Андреева, Д. А. Терехин, В. В. Воронцов // Вестник НГАУ. – 2010. – № 4 (16). – С. 13–17.
14. Рогожин В. В. Практикум по физиологии и биохимии растений: учеб. пособие / В. В. Рогожин, Т. В. Рогожина. – СПб.: ГИОРД, 2013. – 352 с.
15. Третьяков Н. Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков. – М.: Колос, 1990. – 283 с.
16. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
17. Карпова Г. А. Оптимизация продукционного процесса агрофитоценозов проса, яровой пшеницы и ячменя при использовании регуляторов роста и бактериальных препаратов в лесостепи Среднего Поволжья: автореферат на соискание научн. степени доктора с.-х. наук / Г. А. Карпова; ФГОУ ВПО «Пензенская ГСХА». – Пенза, 2009. – 52 с.

18. Аскоченская Н. А. Водный режим семян / Н. А. Аскоченская // Матер. Всесоюз. симпозиума «Регуляция водного обмена растений». – К.: Наукова думка, 1984. – С. 42–44.
19. Кирсанова Е. В. Экологические аспекты применения биопрепаратов на зернобобовых и крупяных культурах / Е. В. Кирсанова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Пути повышения эффективности сельскохозяйственной науки». – Орёл, 2003. – С. 101–110.
20. Верхотуров В. В. Взаимное влияние пероксидазы и низкомолекулярных антиоксидантов при прорастании семян пшеницы: автореферат на соискание научн. степени канд. биол. наук / В. В. Верхотуров. – Якутск, 1999. – 38 с.

STIMULATING EFFECT OF ZIRCON ON PEA SEED GERMINATION

Chmeleva S. I., Kucher E. N., Sitnik M. I.

*CFU, Taurida V.I. Vernadskiy Academy, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation
E-mail: chmeleva@mail.ua*

Currently, in the Republic of Crimea with the increase of anthropogenic influence, the problem of cultivated plants resistance to insufficient water supply is raised. Pea (*Pisum sativum* L.) is characterized by high standards to the water regime, its low productivity may be specified by the high sensitivity to moisture deficit during swelling and seed germination. In the agricultural practices in order to improve plant resistance to hostile environmental factors plant-growth regulators are widely used, they include the drug of a new generation Zircon, created on the basis of hydroxycinnamic acids.

The aim of our study is to investigate the effect of different concentrations of the drug Zircon on sowing quality and germination of peas. The test objects were garden pea seeds (*Pisum sativum* L. CV /Madonna/). Selected for medium sized and pretreated in a diluted solution of potassium permanganate, the seeds were soaked in aqueous solutions of the drug Zircon (0,025 mg/l; 0,05 mg/l; 0,075 mg/l; 0,1 mg/l) were laid on filter paper in cuvettes for germination. For comparison the seeds, soaked in tap water, were used. Cuvettes were in thermostat TS-80M-2. The temperature was maintained at 20 °C. Energy and laboratory germination was determined according to GOST 12038-84. To determine the degree of swelling, seed samples in air-dry condition were placed in beakers of 200 ml and were poured with growth regulator solution (100 ml) according to the experimental scheme. Every 60 minutes for 24 hours seeds were extracted, quickly dried with filter paper, weighted and estimated the swell ratio. The intensity of seed imbibition was defined by the seeds weight change in the germination process.

It was found that pre-sowing drug treatment stimulates the germination of seeds, thus the energy of sprouting, the value of degree, intensity and speed of swelling increase. This effect depends on the concentration of active substance and remains throughout the whole experiment. The best results were obtained by treating seeds with a solution of the test drug at a concentration of 0,075 mg/l. Processes of water inflow in pea seeds are described as a curve having the three-phase character, which corresponds to the modern concept of swelling seeds [17, 18, 20]. The use of the drug zircon in different concentrations does not change the overall direction of water inflow process, but increases its speed, which is expressed in earlier reaching of the threshold levels, that are needed to activate the metabolic processes of the seed.

Keywords: growth regulators, Zircon, sowing qualities of seeds, swelling of seeds, peas.

References

1. Polevoy A.N., Sinitsyn V.V., Simulation of grain crops in the early stages of ontogenesis and formation of shoots, *Problems of environmental monitoring and modeling of ecosystems*, V. **25**, 265 (2013).
2. Isaichev V.A., Muzurova O.G., Physiological and biochemical processes in the germinating seeds of winter wheat depending on preplant treatment of growth regulators and micronutrients, *Abstracts of scientific-practical conference "Youth and Science of XXI Century"*, (Ulyanovsk, 2006), p. 60.
3. Malysheva A.V. Productivity and quality of peas using growth regulators, trace elements and rizotorfin on chernozems southern Orenburg Ural region, 235 p. (Orenburg, 2009).
4. Shevelukha V.S., Kovalev V.M., Gruzdev L.G., Plant growth regulators in agriculture, *Herald of agricultural science*, **9**, 57 (1985).
5. Karpova G.A., Mironova M.E., Change enzymatic activity and sowing qualities of seeds of barley and millet under the influence of growth regulators, *Abstracts of II All-Russian scientific-practical conference "Agri-environmental problems of agricultural production"*, (Penza, 2007), p. 95
6. Doroshenko N.P., Rebrov A.N., Preparations NNPP "NEST M" in research on biotechnology grapes, *Abstracts of International Scientific Conference "The intensification of horticulture Belarus: traditions, achievements and prospects"*, (Samokhvalovichy, 2010), p. 135.
7. Malevannaya N.N., Growth stimulating and immunomodulatory activity of natural complex hydroxycinnamic acids (drug Zircon), *Abstracts of IV International Scientific Conference "Regulation of growth, development and productivity of plants"*, (Minsk, 2005), p. 141.
8. Zaprometov M.N., Phenolic compounds: distribution, metabolism and function in plants, 272 p. (Nauka, Moscow, 1993).
9. Malevannaya N.N., Drug zircon - a new type of immunomodulator, *Abstracts of Scientific and Practical Conference "Use of the drug zircon in agricultural production"*, (Moscow, 2004), p.
10. Malevannaya N.N. Zircon - new stimulator of growth and development plant, *Abstracts of VI International Conference "Growth regulators and plant development in biotechnology"*, (Moscow, 2001), p. 163.
11. Tkachuk O.A., Pavlikova E.V., Orlov A.N., Efficiency of growth regulators in the cultivation of spring wheat in the forest-steppe zone of the Middle Volga, *Young scientist*, **4**, (2013).
12. Walter O.A., Pinevich L.M., Varas N.N., *Workshop on the basics of plant physiology biochemistry*, 258 p. (SPAL, 1959).
13. Kameněk L.K., Kameněk V.M., Andreeva I.V., Terekhin D.A., Vorontsov V.V., Studying growth stimulating actions of delta-endotoxin as an example of cucumber plants, *Herald NGAU*, **4 (16)**, 13 (2010).
14. Rogozhin V.V., Rogozhina T.V. *Workshop on Plant Physiology and Biochemistry*, 352 p. (GIORD, Saint Petersburg, 2013).
15. Tretyakov N.N. *Workshop on Plant Physiology*, 287 p. (Moscow, Kolos, 1990).
16. Lakin G.F. *Biometrics*, 352 p. (Higher School, Moscow, 1990).
17. Karpova G.A. *Optimization of the production process agrophytocenosis millet, spring wheat and barley using growth regulators and bacterial preparations in the Middle Volga steppe*, 52 p. (Penza, 2009).
18. Askochenskaya N.A., Water regime seed, *Abstracts of All-Russian Symposium "The regulation of water metabolism of plants"*, (Kiev, 1984), p. 42.
19. Kirsanova E.V., Environmental aspects of the use of biological products on the leguminous and cereal crops, *Abstracts of All-Russian scientific-practical conference "Ways to improve the efficiency of agricultural science"*, (Orel, 2003), p. 101.
20. Verkhoturov V.V. *Mutual influence of peroxidase and low molecular weight antioxidants during germination of wheat seeds*, 38 p. (Yakutsk, 1999).

Поступила в редакцию 17.10.2015 г.

Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского
Серия «Биология, химия». Том 1 (67). 2015. № 1. С. 183–190.

УДК 634.85:631.526.32/663.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ВИНМАТЕРИАЛА ИЗ НОВОГО КРАСНОГО СОРТА ВИНОГРАДА «КАФА» МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Аристова Н. И.¹, Разгонова О. В.¹, Панов Д. А.², Зайцев Г. П.¹, Семенчук А. В.¹

¹Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «ННИИВиВ «Магарач», Ялта, Республика Крым

²Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым
E-mail: panovda@crimea.edu

С помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) установлено, что виноматериал из винограда красного сорта «Кафа» содержит значительные количества биологически активных веществ: органических кислот и различных групп фенольных соединений.

Ключевые слова: органические кислоты, фенольные соединения, сорт винограда, высокоэффективная жидкостная хроматография, биологически активные вещества, виноматериал.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что на биохимический состав вина и его качество оказывают влияние не только агротехника, генетические особенности сорта, степень его зрелости, но и почвенные и климатические факторы [1–2]. Из технических сортов винограда готовят разнообразные вина, органолептические характеристики которых, даже из одного и того же сорта, произрастающего в разных климатических зонах, могут отличаться. Опыт мирового виноградарства показывает, что количество и качество урожая винограда определяются правильным подбором сортов для каждой конкретной агроклиматической зоны. Проблема исследования возможности использования новых красных технических сортов винограда для производства вин остается актуальной из-за высокого спроса на высококачественную биологически ценную продукцию с уникальными вкусовыми, ароматическими и энотерапевтическими свойствами в конкретной местности возделывания винограда [2–4].

Новый красный сорт винограда «Кафа», сочетающий в себе высокие товарные и вкусовые качества, повышенную продуктивность, стабильность продуктов переработки, повышенную устойчивость к болезням и вредителям был получен в институте «Магарач» под руководством доктора биологических наук, профессора,

генетика-селекционера М.В. Мелконяна, которым также были разработаны теоретические основы гетерозиса у винограда. Методика селекционной работы была направлена на повышение содержания в ягодах винограда сахаров, красящих веществ, витаминов группы В, аминокислот, свободных катехинов и хлорогеновой кислоты в связи с генетическими особенностями исходных форм, метаболизмом в органах лозы и интенсивностью фотосинтеза [5].

Целью данной работы явилось изучение компонентного состава виноматериалов, полученных из нового красного сорта винограда «Кафа», методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с 2006 по 2014 гг. сотрудники научно-исследовательского института «Магарач» проводили фенологические наблюдения и агробиологические исследования, изучали хозяйственно-ценные показатели нового технического красного сорта «Кафа», выращенного в условиях Западной предгорно-приморской зоны виноградарства Республики Крым (Россия) [5–8]. Из урожая этого винограда готовили виноматериалы (десертные), отмеченные на дегустациях высокими оценками (7,77–7,80). Окраска – от темно-рубинового до темно-гранатового цвета. В аромате – ягодно-плодовые, молочно-шоколадные, пряные оттенки, переходящие во вкус. Вкус сложный с тонами черной смородины, чернослива, вишни, шелковицы, шоколада, карамели, молочных сливок. Исследуемые образцы десертного виноматериала были получены методом микровиноделия из винограда сорта «Кафа» «по красному способу». При его приготовлении производили подогрев мезги до температуры 60°C, с последующим настаиванием и брожением мезги, прессованием ее, спиртованием полученной жидкой фазы экспериментального образца до соответствующих кондиций [9–11].

Определение содержания глюкозы и фруктозы в виноматериале проводили согласно ГОСТу 31669-2012, индивидуальные органические кислоты – по ГОСТу 32771-2014. Массовые концентраций фенольных веществ определяли методом ВЭЖХ с помощью хроматографической системы Agilent Technologies (модель 1100) с диодно-матричным детектором. В работе использовали хроматографическую колонку Zorbax SB-C18 размером 2,1x150 мм, заполненную силикагелем с привитой октадецилсилильной фазой с размером частиц сорбента 3,5 мкм. Элюирование проводили в градиентном режиме. Скорость потока элюента 0,25 см³/мин. Для построения градиента использовали: раствор А – элюент 1; раствор В – 0,6%-ный водный раствор трифторуксусной кислоты. Объем вводимой пробы составлял 1 мкл. Регистрацию хроматограмм осуществляли по оптическому поглощению элюата при длинах волн: 280 нм – для (+)-D-катехина, (-)-эпикатехина, галловой кислоты и процианидинов; 313 нм – для производных оксикоричных кислот; 371 нм – для кверцетина. Ряд компонентов идентифицировали по их спектральным характеристикам и времени удержания пика. Спектральные характеристики пиков сопоставляли со спектрами индивидуальных веществ, данными литературных источников [12–16] и библиотеки спектров. Расчет количественного содержания индивидуальных компонентов производили с использованием градуировочных графиков зависимости

площади пика от концентрации вещества, построенных по растворам индивидуальных веществ. Для определения антоцианов использовали хроматографическую колонку Zorbax SB-C18 размером 3,0x250 мм, заполненную силикагелем с размером частиц 5 мкм, скорость потока элюента – 0,40 см³/мин, объем пробы – 5 мкл. Регистрацию оптических спектров поглощения проводили в видимой области 510–540 нм. Содержание антоцианов рассчитывали в пересчете на моногликозид мальвидина, содержание производных оксикоричных кислот – в пересчете на кофейную кислоту, содержание процианидинов – в пересчете на (+)-D-катехин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Биохимический состав вина и его качество зависят от генетических особенностей сорта, почвенно-климатических условий местности культивирования, правильно подобранных, а также часто и индивидуальных технологий переработки продукции.

Методом ВЭЖХ был проведен анализ виноматериала, полученного из нового красного сорта винограда «Кафа». Результаты проведенных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав виноматериала из винограда «Кафа»

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
1	Массовая концентрация глицерина	г/дм ³	8,69
2	Массовая концентрация сахаров: глюкозы фруктозы	г/дм ³	157,8 66,0 91,8
3	Массовая концентрация органических кислот: малеиновая кислота фумаровая кислота лимонная кислота винная кислота яблочная кислота уксусная кислота молочная кислота	г/дм ³	8,2852 0,0030 0,0022 0,4100 6,0000 1,3600 0,2500 0,4600

В экспериментальном десертном образце виноматериала выявлены значительные концентрации природных сахаров винограда: глюкозы (66,0 г/дм³) и фруктозы (91,8 г/дм³), играющих важную пищевую и энергетическую роль в вине. Определена массовая концентрация глицерина (8,69 г/дм³), являющегося важнейшей составной частью экстракта вина, благоприятно влияющей на вкус, придавая ему особую полноту и мягкость.

Известна роль органических кислот в формировании вкуса, диетических свойств вин; они выполняют важную роль в биохимических процессах первичного и вторичного виноделия (совместно с этиловым спиртом предохраняют вино от бактериальных «заболеваний», повышают стойкость к помутнениям и так далее). В

исследуемом виноматериале концентрации органических кислот составили: винной – 6,0 г/дм³, яблочной – 1,36 г/дм³, молочной – 0,46 г/дм³, лимонной – 0,41 г/дм³.

В ходе исследования образца виноматериала из винограда сорта «Кафа» был определен качественный и количественный состав мономерных форм фенольных соединений: катехинов, оксибензойных и оксикоричных кислот, флавонолов, процианидинов (Табл. 2).

Таблица 2
Определение массовых концентраций фенольных соединений в виноматериале

Наименование показателя		Масс. конц. мг/дм ³
Катехины	(+)-D-катехин	46,3
	(-)-эпикатехин	56,3
Оксибензойные кислоты	Галловая кислота	25,0
	Сиреневая кислота	6,5
Оксикоричные кислоты	Кафтаровая кислота	107,1
	Каугаровая кислота	22,4
Флаванолы	Кверцетин	3,9
	Кверцетин-3-О-гликозид	53,4
Процианидины	Олигомерные процианидины	360
	Полимерные процианидины	4248

Идентифицированы (+)-D-катехин (46,3 мг/ дм³) и (-)-эпикатехин (56,3 мг/дм³), обладающие наибольшей антиоксидантной активностью среди фенольных соединений. Согласно литературным источникам, важнейшим свойством катехинов является их способность нормализовать структуру белка организма человека – коллагена, обеспечивающего прочность артерий. Катехины обладают высокой Р-витаминной активностью, атеросклеротическими свойствами и способствуют усвоению аскорбиновой кислоты организмом человека [17, 18].

В экспериментальном образце виноматериала концентрации галловой и сиреневой кислот составили соответственно 25,0 мг/дм³ и 6,5 мг/дм³; оксикоричных кислот кафтаровой и каугаровой – соответственно 107,1 мг/дм³ и 22,4 мг/дм³. Их биологическая активность проявляется в снижении уровня холестерина в крови организма человека.

Значение массовых концентраций флавонолов в исследуемом виноматериале достигло 57,3 мг/дм³, в том числе кверцетин-3-О-гликозида (53,4 мг/дм³) и кверцитина (3,9 мг/дм³), которые обладают антиоксидантными свойствами, укрепляют кровеносные сосуды, защищают сердечную мышцу от холестерина, тормозят старение клеток организма человека.

В виноматериале из сорта винограда «Кафа» определены олигомерные (360 мг/дм³) и полимерные (4248 мг/дм³) процианидины. Данные вещества – полимерные формы фенольных соединений, мощные антиоксиданты (их действие в 20 раз эффективнее аскорбиновой кислоты и в 50 раз – витамина Е). В настоящее время процианидины широко распространяют в Европе как натуральные биологические

добавки с антиоксидантным эффектом (большая часть их изготавливается из косточек винограда) [19].

Антоцианы – пигменты растений, являющиеся основными красящими веществами винограда, – максимально переходят в вина при переработке по красному способу. Входят в основной состав фенольного комплекса красных сортов. Антоцианы присутствуют в винограде и вине в форме гликозидов, главным образом 3-моногликозидов, реже – 3,5-дигликозидов и 3-биозидов. В процессе брожения на мезге в винноматериале переходят около 50 % антоцианов винограда, при нагреве мезги – до 90%. У большинства красных сортов винограда антоцианы располагаются только в кожице ягод, у отдельных сортов – окрашен сок. Исследуемый сорт винограда «Кафа» имеет интенсивно окрашенные сок и мякоть. Основная задача виноделия «по красному» способу – извлечь антоцианы из кожицы винограда в сусло и винноматериал и сохранить эту окраску. Антоцианы обладают Р-витаминным действием, а также сильным бактерицидным эффектом, антиоксидантной, противораковой активностью, положительно влияют на кроветворную функцию костного мозга, проницаемость капилляров и обладают рядом других уникальных свойств [17]. Они замедляют жизнедеятельность винных дрожжей *Saccharomyces vini* и пленчатых дрожжей *Candida mycoderma*, придают вину окраску, органолептические свойства [20]. В связи с этим исследуемый образец винноматериала готовили с использованием технологии переработки «по красному» способу с предварительным нагревом мезги и последующим настаиванием на ней для повышения эффективности процесса экстракции фенольных и красящих веществ.

Значения массовых концентраций идентифицированных отдельных антоцианов в винноматериале сорта «Кафа» представлены в таблице 3, сумма идентифицированных антоцианов составила 63,9 мг/дм³.

Таблица 3

Определение массовых концентраций антоцианов в винноматериале

Наименование показателя	Массовая концентрация, мг/дм ³
Мальвидин-3-О-гликозид	19,6
Мальвидин-3-О-(6'-ацетил-гликозид)	0,9
Мальвидин-3-О-(6'-п-кумароил-гликозид)	3,7
Дельфинидин-3-О-гликозид	6,3
Дельфинидин-3-О-(6'-ацетил-гликозид)	10,1
Петунидин-3-О-гликозид	5,7
Пенунидин-3-О-(6'-ацетил-гликозид)	0,5
Петунидин-3-О-(6'-п-кумароил-гликозид)	1,3
Пеонидин-3-О-гликозид	7,8
Пеонидин-3-О-(6'-ацетил-гликозид)	3,1
Цианидин-3-О-гликозид	3,5
Цианидин-3-О-(6'-ацетил-гликозид)	1,4
Сумма идентифицированных антоцианов	63,9

В исследуемом образце виноматериала из нового сорта винограда «Кафа» не был обнаружен мальвидин-3,5-дигликозид, уровень которого строго контролируется при отправке винопродукции на экспорт. Данный факт свидетельствует об отсутствии в геноме исследуемого сорта винограда «Кафа» американских сортов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании данных химического и биохимического состава виноматериала из нового красного сорта винограда «Кафа», а также благодаря обширным агробиологическим исследованиям можно дать объективную оценку новому красному сорту и рекомендовать его для приготовления высококачественных десертных вин при возделывании в Западной предгорно-приморской зоне виноградарства Крыма и близких к ней по почвенно-климатическим факторам регионов России.

Список литературы

1. Дергунов А. В. Влияние особенностей новых красных сортов винограда на биохимический состав и качество вин / А. В. Дергунов // Виноградарство и виноделие: Сб. научных трудов НИВиВ «Магарач». – Ялта. – 2015. – Том. XLV. – С. 75–79.
2. Дергунов А. В. Влияние сортовых особенностей винограда на биохимические составляющие и качество вин / А. В. Дергунов, Т. И. Гугучкина // Виноделие и виноградарство. – 2014. – №2. – С. 16–20.
3. Дженеев С. Ю. Вино – восьмое чудо света / С.Ю. Дженеев, Ю.С. Дженеев. – Ялта, 1998. – 16 с.
4. Энциклопедия виноградарства в 3-х томах. Т.2. / [Гл. ред А.И. Тимуш]. – Кишинев: Молд. Сов Энциклопедия, 1986. – 504 с.
5. Мелконян М. В. Методика ампелографического описания и агробиологической оценки винограда / М. В. Мелконян, В. А. Волынкин. – Ялта: ИВиВ «Магарач», 2002. – 27 с.
6. Лазаревский М. А. Изучение сортов винограда / М. А. Лазаревский. – Ростов-на-Дону: Ростовский университет, 1963. – 152 с.
7. Мелконян М. В. Прохождение фенологических фаз роста и развития сортами винограда новейшей селекции Праздничный Магарач, Кафа, Ай-Петри и Перлинка в условиях предгорной зоны Крыма / М. В. Мелконян, О. В. Разгонова. – Научные труды крымского государственного агротехнологического университета, Сельскохозяйственные науки. – 2005. – Выпуск 90. – С. 45–55.
8. Мелконян М. В. Результат ступенчатой селекции винограда / М. В. Мелконян, Л. А. Чекмарев, О.А. Бойко, Н. Л. Студенникова [и др.] // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2001. – №1. – С. 7–10.
9. Методические рекомендации по технологической оценке, сортов винограда для виноделия. / Г. Г. Валуйко, Е. П. Шольц, Л. П. Трошин. – ВНИИВиВ «Магарач», 1983. – 72 с.
10. Справочник по виноделию / [Под ред. Г. Г. Валуйко, В.Т. Косюры], (2-е изд). – Симферополь: Таврида, 2000. – 624 с.
11. Методы теххимического и микробиологического контроля в виноделии / [Под ред. В. Г. Гержиковой]. – Симферополь: Таврида, 2002. – 259 с.
12. Зайцев Г. П. Фенольный состав винограда сорта Каберне-Совиньон Республики Крым / Г. П. Зайцев, В. Е. Мосолкова, Ю. В. Гришин, Ю. А. Огай // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2014. – № 4. – С. 28–30.
13. Bagchi D. Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract importance in human health and disease prevention / D. Bagchi, M. Bagchi, S.J. Stohs, D.K. Das [et al.] // Toxicology. – 2000. – Vol. 148. – P. 187–197.

14. Ahmad N. Green tea polyphenol epigallocatechin-3-gallate differentially modulates nuclear factor kB in cancer cells versus normal cells / N. Ahmad, S. Gupta, H. Mukhtar // Archives of Biochemistry and Biophysics. – 2000. – Vol. 376. – P. 338–346.
15. Bagchi D. Molecular mechanisms of cardioprotection by a novel grape seed proanthocyanidin extract / D. Bagchi, C.K. Sen, S.D. Ray, K. Dipak // Mutation Research. – 2003. – Vol. 523. – P. 87–97.
16. Woodring P. J. HPLC determination of nonflavonoid phenols in vidal blanc wine using electrochemical detection / P. J. Woodring, P. A. Edwards, M. G. Chisholm // J.Agric. Food Chem. – 1990. – Vol. 38. – P. 729–732.
17. Валу́йко Г. Г. Вино и здоровье / Г. Г. Валу́йко. – Симферополь: Таврида, 2007. – 156 с.
18. Авидзба А. М. Биологическая активность продуктов переработки винограда новой селекции / А. М. Авидзба, Ю. А. Огай, В. А. Волынкин, С. В. Левченко [и др.] // Магарач, Виноградарство и виноделие. – 2007. – №1. – С. 19–22.
19. Corder R. Oenology: Red wine procyanidins and vascular health / R. Corder, W. Mullen, N.Q. Khan, S. C. Marks [et al.] // Nature. – 2006. – Vol. 444, Issue 7119. – P. 566.
20. Энциклопедия виноградарства в 3-х томах Т.1. / [Гл. ред А.И. Тимуш]. – Кишинев: Молд. Сов Энциклопедия, 1986. – 512 с.

DETERMINATION OF WINE MATERIALS COMPONENTS FROM “KAFA” NEW RED VARIETY OF VINE BY THE HIGH-EFFICIENCY LIQUID CHROMATOGRAPHY

Aristova N. I.¹, Razgonova O. V.¹, Panov D. A.², Zaitsev G. P.¹, Semenchouk A. V.¹

¹Government-Financed Establishment of the Republic of the Crimea “National Research Institute for Vine and Wine “Magarach”, Crimea

²V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea

E-mail: panovda@crimea.edu

World experience of a viticulture shows that the quantity and quality of the crop of grapes determines the correct selection of varieties for particular agro-climatic zones.

The problem of studying the possibility of using the new red wine varieties of grapes for wine production remains relevant because of the high demand for high-quality, biologically valuable products with unique flavouraromatic and enotherapeutic properties in a specific area of grapes cultivation.

New red grape variety of “Kafa” was received at the Institute “Magarach” under the leadership of doctor of biological Sciences, professor, plant breeder-geneticist M. V. Melkonyan, and combining high commodity and taste, higher productivity, and stability of processed products, higher resistance to diseases and pests.

The aim of this work was studying of the composition of wine materials obtained from grape “Kafa” by high performance liquid chromatography (HPLC).

In the period from 2006 to 2014 it was carried out phenological observations and agrobiological research, studied the agronomic performance of the new technical “Kafa” the red varieties grown in the Western mount-coastal zone of viticulture of the Crimea (Russian Federation).

The studied samples of the sweet wine material were produced of micro-winemaking from grapes Kafe by the “red way” method. Determination of the mass concentration of phenolic substances, organic acids, glycerol, glucose, and fructose was carried out by

HPLC. A significant concentration of natural grape sugars: glucose (66.0 g/dm³) and fructose (91.8 g/dm³) and glycerol (8.69 g/dm³), which play an important nutritional role in wine. In the investigated wine materials the concentration of organic acids was: tartaric acid 6.0 g/dm³, malic acid – 1.36 g/dm³, lactic acid – 0.46 g/dm³ and citric acid – 0.41 g/dm³. The values of the mass concentrations of flavonols, oxybenzoic acids, gallic acid and syringic acid, as well as procyanidins and anthocyanins was determined.

Keywords: organic acids, phenolic compounds, grape variety, high performance liquid chromatography, biologically active substances, wine.

References

1. Dergunov A.V., The influence of new red grape varieties on biochemical composition and quality of wines, *Viticulture and winemaking: Sat.scientific papers "Magarach"*, **XLV**, 75 (2015).
2. Dergunov A.V., Guguchkina T.I., The effect of the varietal characteristics of grapes on biochemical constituents and quality wines, *Wine and viticulture*, **2**, 16 (2014).
3. Dzheneev S.Ju., Dzheneev Ju.S., *Wine – the eighth wonder of the world*, 16 p. (Yalta, 1998).
4. *Encyclopedia of viticulture in 3 volumes*, Ch. Ed. A.I. Timush, Vol. 2, 504 p. (Mold. Soviet Encyclopedia, Kishinev, 1986).
5. Melkonjan M.V., Volynkin V.A., *Method's ampelographic description and evaluation of agrobiological grapes*, 27 p. (The Institute "Magarach", Yalta, 2002).
6. Lazarevskij M.A., *The study of grape varieties*, 152 p. (Rostov University, Rostov-na-Donu, 1963).
7. Melkonjan M.V., Razgonova O.V., Passage of phenological phases of growth and development of the latest varieties of grapes selection Holiday Magaracha, Kafa, the Ai-Petri and Perlinka in the conditions of a foothill zone of Crimea, *Scientific works of the Crimean State Agrotechnological University, Agricultural Sciences*, **90**, 45 (2005).
8. Melkonjan M.V., Chekmarev L.A., Bojko O.A., Studennikova N.L., Razgonova O.V., The result of stepwise selection of grapes, "Magarach". *Viticulture and winemaking*, **1**, 7 (2001).
9. Valujko G.G., Shol'c E.P., Troshin L.P., *Guidelines on the assessment process, grapes for winemaking*, 72 p. («Magarach», 1983).
10. *Guide to Wine*, Ch. Ed. Valujko G.G., Kosjurov V.T., (2nd ed.), 624 p. (Turida, Simferopol, 2000).
11. Gerzhikovoij V.G., *Methods technochemical and microbiological control in winemaking*, 259 p. (Turida, Simferopol, 2002).
12. Zajcev G.P., Mosolkova V.E., Grishin Ju.V., Ogaj Ju.A., The phenolic composition of the Cabernet Sauvignon Republic of Crimea, *Magarach. Viticulture and winemaking*, **4**, 28 (2014).
13. Bagchi D., Bagchi M., Stohs S.J., Das D.K., Ray S.D., Kuszynski C.A., Joshi S.S., Pruess H.G., Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract importance in human health and disease prevention, *Toxicology*, **148**, 197 (2000).
14. Ahmad N., Gupta S., Mukhtar H., Green tea polyphenol epigallocatechin-3-gallate differentially modulates nuclear factor kB in cancer cells versus normal cells, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **376**, 338 (2000).
15. Bagchi D., Sen C.K., Ray S.D., Dipak K., Bagchi M., Preuss H.G., Vinson J.A., Molecular mechanisms of cardioprotection by a novel grape seed proanthocyanidin extract, *Mutation Research*, **523**, 87 (2003).
16. Woodring P.J., Edwards P.A., Chisholm M.G., HPLC determination of nonflavonoid phenols in vidal blanc wine using electrochemical detection, *J.Agric. Food Chem.*, **38**, 729 (1990).
17. Valujko G.G., *Wine and Health*, 156 p (Turida, Simferopol, 2007).
18. Avidzba A.M., Ogaj Ju.A., Volynkin V.A., Levchenko S.V., The biological activity of the new products of processing grapes selection, *Magarach, viticulture and winemaking*, **1**, 19 (2007).
19. Corder R., Mullen W., Khan N.Q., Marks S.C., Wood E.G., Carrier M.J., Crozier A., Oenology: Red wine procyanidins and vascular health, *Nature*, **444** (7119), 566 (2006).
20. *Encyclopedia of viticulture in 3 volumes*, Ch ed A.I. Timush, Vol.1, 512 p. (Mold. Soviet Encyclopedia, Kishinev, 1986).

Поступила в редакцию 19.10.2015 г

УДК 615.281 + 547.787.1

КОНДЕНСАЦИЯ *o*-ФЕНИЛЕНДИАМИНА С КАРБОНОВЫМИ КИСЛОТАМИ В ПРИСУТСТВИИ ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Баевский М. Ю., Меметов Д. Р.

*Таврическая академия (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым.
Email: b_m_y@mail.ru*

Изучена реакция конденсации карбоновых кислот с *o*-фенилендиамином в присутствии ортофосфорной кислоты. Показана высокая эффективность кислоты как конденсирующего агента. Синтезирован ряд производных бензимидазола. Строение синтезированных соединений подтверждено физико-химическими константами синтезированных соединений.

Ключевые слова: *o*-фенилендиамин, карбоновые кислоты, ортофосфорная кислота, конденсация, бензимидазол.

ВВЕДЕНИЕ

Основной способ синтеза производных бензимидазола основан на реакции конденсации *o*-фенилендиамины с карбоновыми кислотами при нагревании в присутствии различных конденсирующих агентов. Одним из наиболее распространенных методов получения бензимидазольного цикла является метод Филлипа, основанный на использовании в качестве конденсирующего агента 4 N соляной кислоты [1]. Кроме того, альтернативой соляной кислоте в ряде случаев могут быть и другие минеральные кислоты, такие как серная и полифосфорная [1–5]. Также достаточно широкое распространение получают методы с использованием борной кислоты и ее производного – метаборной кислоты [6, 9]. В последние годы использование в синтезе соляной кислоты осложнилось в связи с внесением ее в список прекурсоров и ужесточением требований к ее использованию. Еще одним недостатком соляной кислоты является длительность процесса конденсации, а также неприменимость ее в случае реакции *o*-фенилендиамины со стерически затрудненными кислотами (такими как ароматические карбоновые кислоты, пивалиновая кислота). Использование полифосфорной кислоты требует проведения процесса конденсации при высоких температурах (более 250 °С), что далеко не всегда применимо в силу процесса термического декарбоксилирования ароматических карбоновых кислот [1, 7]. В ряде литературных источников упоминалось, что конденсация с образованием бензимидазольного цикла возможна также в присутствии ортофосфорной кислоты. Однако конкретных ссылок на практической применение обнаружено не было. В силу этого была изучена возможность применения ортофосфорной кислоты в реакции конденсации *o*-фенилендиамины и широкого круга карбоновых кислот.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1) Обезвоживание ортофосфорной кислоты. В круглодонную колбу, снабженную насадкой Дина – Старка и обратным холодильником объемом 500 мл, наливают 200 мл концентрированной ортофосфорной кислоты, 150 мл бензол-ксилольной смеси (фракция с температурой кипения 120–140 °С) и нагревают ее на песчаной бане при температуре бани 140–150 °С. Обезвоживание ведут до полного прекращения выделения воды в насадке Дина – Старка.

2) Общая методика конденсации. В плоскодонную колбу помещают 0,12 моль соответствующей карбоновой кислоты и 15 мл обезвоженной ортофосфорной кислоты. После полного растворения добавляют 10,8 г (0,1 моль) *o*-фенилендиамина и нагревают раствор на песчаной бане в течение 2–4 часов с обратным холодильником. После окончания реакции смесь охлаждают до комнатной температуры, разбавляют 100 мл холодной воды и подщелачивают раствором гидроксида аммония до pH=9–11. Выпавший осадок образовавшегося продукта отфильтровывают под вакуумом на воронке Бюхнера и перекристаллизовывают из соответствующего растворителя (вода, этанол, пропан-2-ол).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С целью определения интервала применимости ортофосфорной кислоты в процессах конденсации *o*-фенилендиамина с карбоновыми кислотами реакция изучалась на примере ряда кислот, отличающихся строением с точки зрения стерической затрудненности карбоксильной группы. Этот ряд включал в себя этановую (уксусную), бутановую (масляную), диэтилуксусную, 2,2-диметилпропионовую (пивалиновую) и 4-метилбензойную кислоты (Табл. 1). С целью достоверности полученных результатов исходная ортофосфорная кислота марки ХЧ была дегидратирована методом азеотропной отгонки воды с ксилолом, при температуре кипения технической смеси ксилолов (140 °С). Дегидратация продолжалась до полного прекращения выделения воды. В дальнейшем полученная 100% ортофосфорная кислота использовалась в синтезе. Время и температуру реакции оптимизировали на примере конденсации *o*-фенилендиамина и бутановой кислоты.

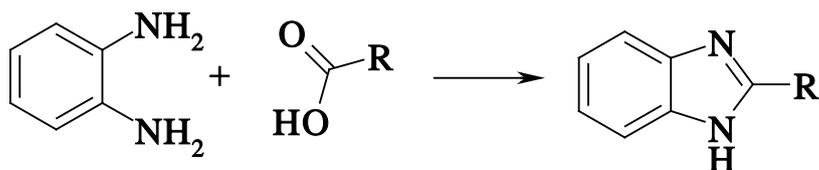
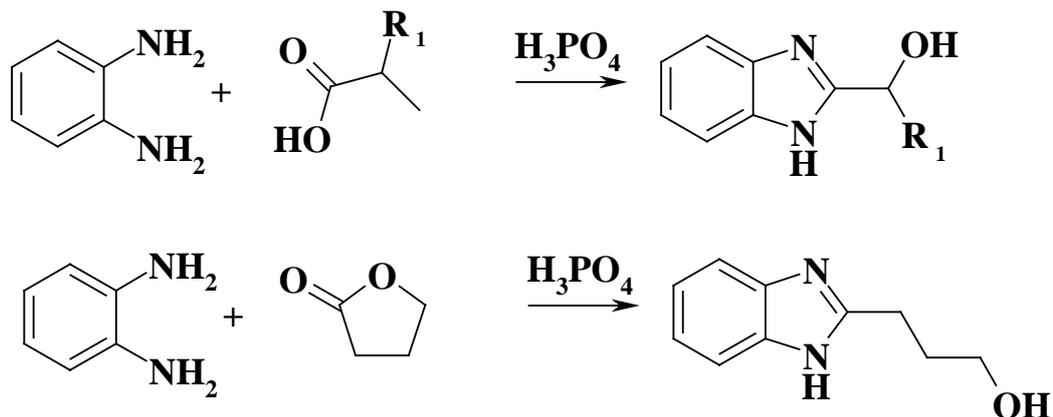


Таблица 1
Выходы 2-замещенных бензимидазолов в зависимости от строения карбоновой кислоты

Соединение	Т. пл., °C	Выход H ₃ PO ₄ , %	Выход HBO ₂ , %	Выход HCl, %
2-метилбензимидазол	173–174	95 ± 2	90–93	75
2-пропилбензимидазол	175–176	88 ± 2	88	85
2-(1-этилпропил)бензимидазол	217–219	67 ± 5	85	34
2- <i>трет</i> -бутилбензимидазол	293–294	43 ± 3	85	15
2-(4-метилфенил)бензимидазол	> 300	65,8 ± 1	78	0

Как показали результаты эксперимента, ортофосфорная кислота является вполне адекватной заменой соляной кислоте, позволяя в ряде случаев получать целевые бензимидазолы с более высокими выходами. Кроме того, по мере увеличения стерических препятствий в радикале, связанном с карбоксильной группой, выходы 2-замещенных бензимидазолов в случае использования ортофосфорной кислоты возрастают по сравнению с методом Филлипса, что связано с возможностью повышения температуры проведения процесса, ограниченного температурой кипения 4N соляной кислоты в вышеупомянутом методе. Так, в случае неразветвленной уксусной кислоты выход увеличился приблизительно в 1,3 раза. При наличии третичного атома углерода в диэтилуксусной кислоте – уже почти в 2, а в случае наличия четвертичного атома углерода пивалиновой кислоты – почти в 3 раза. При использовании же ароматической карбоновой кислоты (для таких структур метод Филлипса вообще неприменим) выход оказался близким к количественному. С другой стороны следует отметить, что в случае рассмотренных карбоновых кислот применение в качестве конденсирующего агента ортофосфорной кислоты не имел преимуществ перед использованием метаборной кислоты ввиду более низких выходов целевого продукта.

Особый интерес представлял синтез функционализированных 2-замещенных бензимидазолов, содержащих гидроксильные радикалы. Реакция изучалась на примере двух гидроксикарбоновых кислот (гидроксиуксусной и α -гидроксипропионовой), а также γ -бутиролактона (Табл. 2). Данная реакция представляла дополнительный интерес в связи с возможной дегидратацией кислот и образованием 2-замещенных бензимидазолов содержащих двойную связь в заместителе.



Проведенные эксперименты показали, что даже при длительном нагревании реакционной массы до 140 °С не наблюдалось образования непредельных производных ни в одном из синтезов, а выделенным продуктом являлись соответствующие 2-гидроксиалкилбензимидазолы. Это было подтверждено физико-химическими константами синтезированных соединений, а также данными сравнительной тонкослойной хроматографии. Выходы полученных соединений оказались сравнимы с методом Филлипса.

Таблица 2

Синтез 2-гидроксиалкилбензимидазолов в присутствии ортофосфорной кислоты

Соединение	Т. пл., °С	Выход H ₃ PO ₄ , %	Выход HVO ₂ , %	Выход HCl, %
2-гидроксиметилбензимидазол	180–182	75 ± 3	82	81
2-(α-гидроксиэтил)бензимидазол	190–193	69,5 ± 2	54	78
2-(β-гидроксипропил)бензимидазол	160–162	88 ± 2	30	95

В случае конденсации аминокислот с о-фенилендиамином в вышеприведенных условиях нам не удалось выделить целевые 2-аминоалкилбензимидазолы, что было связано с образованием трудноразделимой смеси продуктов реакции, в которой искомые бензимидазолы определялись только методом тонкослойной хроматографии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучена реакция конденсации *o*-фенилендиамин с рядом карбоновых кислот. Показано, что в большинстве случаев ортофосфорная кислота может вполне адекватной заменой соляной кислоты в конденсации по Филлипсу.
2. Установлено, что в случае реакции *o*-фенилендиамин с гидроксилалкилкарбоновыми кислотами в среде ортофосфорной кислоты происходит образование соответствующего бензимидазола. При этом в изученном интервале температур реакция дегидратации с образованием неперелых производных бензимидазола не наблюдается.

Список литературы

1. Пожарский А. Ф. Успехи химии имидазолов / А. Ф. Пожарский, А. М. Симонов, А. Д. Тарновский // Успехи химии. – 1966. – Т. 35. – № 2. – С.271–285.
2. John B. Wright. The chemistry of benzimidazoles / John B. Wright. // Chem. Rev. – 1951. – Vol. 48. – P. 406–425.
3. Hein D. W. The Use of Polyphosphoric Acid in the Synthesis of 2-Aryl and 2-Alkyl-substituted Benzimidazoles, Benzoxazoles and Benzothiazoles / D. W. Hein, R. J. Alheim, J. J. Leavitt // J. Am. Chem. Soc. – 1957. – Vol. 79. – P. 427–433.
4. Столярова Т. Ю. Полифосфорная кислота и некоторые другие конденсирующие агенты в реакциях образования бензазолов / Т. Ю. Столярова, Н. С. Немировская, А. В. Ельцов // Межвузовский сборник научных трудов. – Производные бензимидазола и других ароматических систем в синтезе мономеров. – Ленинград, 1982. - № 27. – С. 69–79.
5. Порай-Кошиц Б. А. Синтез и свойства некоторых производных бензимидазола / Б. А. Порай-Кошиц, Г. М. Хархарова // ЖОХ. – 1955. – Т. 25. – С. 2183–2185.
6. Pingwah Tang. Organic Syntheses Boric acid catalyzed amide formation from carboxylic acids and amines: N-benzyl-4-phenylbutyramide / Tang Pingwah // Organic Syntheses. – 2005. – Vol. 81 - P.262–268.
7. Grimmett M. R. Imidazole and benzimidazole synthesis / M. R. Grimmett // Academic Press. – 1997.– P. 63–103.
8. Bachman G. V. The preparation of vinyl derivatives of five-atom heterocyclic rings / G. V. Bachman, L. V. Heisey // J. Am. Chem. Soc. – 1949. – Vol. 71. – P. 1985–1988.
9. Баевский А. М. Борные кислоты в реакциях конденсирования карбоновых кислот с *o*-фенилендиамином / А. М. Баевский, М. Ю. Баевский, В. В. Цикалов, А. Б. Шелудько // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2011. – Т. 24(63)., № 2. – С. 339–346.

**CONDENSATION OF *o*-PHENYLENEDIAMINE WITH CARBOXYLIC ACIDS
IN THE PRESENCE of PHOSPHORIC ACID**

Baevsky M. Y., Memetow D. R.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea
Email: b_m_y@mail.ru*

The condensation reaction of carboxylic acids with *o*-phenylenediamine in the presence of phosphoric acid was studied. The high efficiency of acid as condensing agent was confirmed. A number of benzimidazole derivatives were synthesized.

As shown by the results of the experiment, phosphoric acid be a perfectly adequate substitute for hydrochloric acid, allowing in some cases to get the chain-left benzimidazoles with higher outputs. In addition, with increasing steric obstacles in the radical linked to the carboxyl group of 2 outputs-replaced the benzimidazoles in the case of ortho-phosphoric acid who will melt compared to the method of Phillips. Due to the possibility of increasing the temperature of the process, limited by the boiling point 4N Sol is Noah acid in the above-mentioned method.

It is shown that in most cases the phosphoric acid may well be an adequate replacement for hydrochloric acid in the condensation on the Philips. It is established that in the case of the reaction of *o*-phenylenediamine with hydroxyalkyl carboxylic acids in the environment of phosphoric acid leads to the formation of the corresponding benzimidazole. Thus, in the studied temperature range, the reaction of dehydration with formation of the unsaturated alkyl radical is not observed

In the case of the condensation of amino acids with *o*-phenylenediamine in the above conditions, we could not allocate target 2-aminoalkylindole that was connected with the formation of trudnootdelyaemoy mixture of reaction products in which the desired benzimidazoles was determined by the method of thin-layer chromatography.

The structure of the synthesized compounds was confirmed by physico-chemical constants.

Keywords: *o*-phenylenediamine, carboxylic acids, phosphoric acid, condensation, benzimidazole.

References

- 1 Pozarsky A.F. Success Chemistry Imidazoles. *Success Chemistry*, **35**, 271 (1966).
- 2 John B. Wright. The chemistry of benzimidazoles. *Chem. Rev.*, **48**, 406 (1951).
- 3 Hein D. W., Alheim R. J., Leavitt J. J. The Use of Polyphosphoric Acid in the Synthesis of 2-Aryl and 2-Alkylsubstituted Benzimidazoles, Benzoxazoles and Benzothiazoles. *J. Am. Chem. Soc.*, **79**, 427 (1957).
- 4 Stoliarova T.Y., Nemirivskaya N.S., Eltsov A.V. Polyphosphoric acid and some other condensing agents in reactions of formation of benzazoles. *Benzimidazole derivatives and other aromatic systems in the synthesis of monomers*, **27**, 69 (1982).
- 5 Poray-Koshits D.A., Xarxarova G.M. Synthesis and properties of some derivatives of benzimidazole. *Journal Common Chemistry*, **25**, 2183, (1955)
- 6 Pingwah Tang. Organic Syntheses Boric acid catalyzed amide formation from carboxylic acids and amines: N-benzyl-4-phenylbutyramide. *Organic Syntheses*, **81**, 262 (2005).
- 7 Grimmett M.R. Imidazole and benzimidazole synthesis. *Academic Press*, 1997.
- 8 Bachman G.B., Heisey L.V. The preparation of vinyl derivatives of five-atom heterocyclic rings. *J. Am. Chem. Soc.*, **71**, 1985 (1949).
- 9 Baevsky A.M. Boric acid reactions in the condensation of carboxylic acids with *o*-phenylenediamine. *Scientific notes of Taurida national University. V. I. Vernadsky. Series "Biology, chemistry"*, **24(63)**, 339 (2011).

Поступила в редакцию 29.10.2015 г

УДК 66.081:547.898

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА(III) СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ 4,4'(5')-ДИНИТРО-ДИБЕНЗО-24-КРАУН-8

Выдыш А. А.¹, Довгий И. И.¹, Ляпунов А. Ю.²

¹ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет, Севастополь,
Российская Федерация,

²Физико-химический институт им. А.В. Богатского НАН Украины, Одесса, Украина
E-mail: dovhyi.illarion@yandex.ru

Изучена сорбция золота(III) из солянокислых растворов сорбентом, полученным импрегнированием полимерного носителя «Поролас-Т» краун-эфиром 4,4'(5')-динитро-добензо-24-краун-8. Определены параметры сорбционного извлечения золота(III): коэффициент распределения, степень извлечения, емкость сорбента.

Ключевые слова: 4,4'(5')-динитро-добензо-24-краун-8, «Поролас-Т», золото, сорбция.

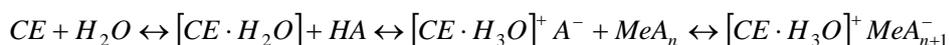
ВВЕДЕНИЕ

Одной из важных проблем аналитической химии, радиохимии, гидрометаллургии является селективное извлечение металлов из сложных по составу растворов. Для ее решения еще в 70-х годах XX века было предложено использовать краун-эфир [1]. Возможность селективного экстракционного и сорбционного извлечения краун-эфирами была показана для многих металлов [2, 3]. В настоящее время доступны коммерческие образцы сорбентов на основе краун-эфиров для извлечения стронция, свинца, выпускаемые компанией Triskem Int. [4].

Ранее была показана возможность селективного извлечения золота(III) кристаллическими цис-(4,4'-) и транс-(4,5'-) изомерами динитродибензо-18-краун-6 (ДНДБ18К6) [5]. В частности, авторами были определены высокие значения коэффициентов распределения золота(III) из хлоридных растворов с концентрацией LiCl 1 моль/л при значении pH равном 7. Для транс-изомера значение коэффициента распределения составило 2500 мл/г, а для цис-изомера – 5800 мл/г.

В тоже время при изучении сорбции золота(III) бромпроизводными дибензо-18-краун-6 (ДБ18К6) и дибензо-24-краун-8 (ДБ24К8) было установлено, что кристаллические дибромпроизводные ДБ24К8 эффективно извлекают золото(III) из солянокислых растворов [6]. Извлечение из азотнокислых растворов не происходит. Также в качестве краун-эфиров использовались 4-бромбензо-12-краун-4, бензо-15-краун-5, 4-бромбензо-15-краун-5, 4,5-дибромбензо-15-краун-5. Для бензо-15-краун-5 и 4-бромбензо-15-краун-5 установлены коэффициенты распределения больше 1000.

Было предположено, что извлечение золота(III) краун-эфирами из солянокислых растворов протекает по анионообменному механизму:



где CE – молекула краун-эфира.

Сорбция металлов кристаллическими краун-эфирами нецелесообразна ввиду их большого расхода как достаточно дорогих реактивов, хотя при использовании многоэлементного анализа, как в работах [5, 6] (атомно-эмиссионный анализ с индуктивно-связанной плазмой), дает возможность быстро определить селективно извлекающиеся металлы. Чаще краун-эфиры иммобилизируют с ковалентным связыванием или без ковалентного связывания (импрегнирование), наносят на полимерные макропористые носители. Это дает возможность улучшить кинетические и равновесные характеристики сорбентов за счет большой удельной поверхности.

Ранее нами изучалась сорбция стронция [7] и цезия [8] краун-эфирами, импрегнирующими стиролдивинилбензолный сополимер «Поролас-Т». В данной работе рассмотрена возможность извлечения золота(III) из солянокислых растворов сорбентом, полученным импрегнированием полимерного носителя «Поролас-Т» краун-эфиром 4,4'(5')-динитро-дibenзо-24-краун-8 (ДНДБ24К8):

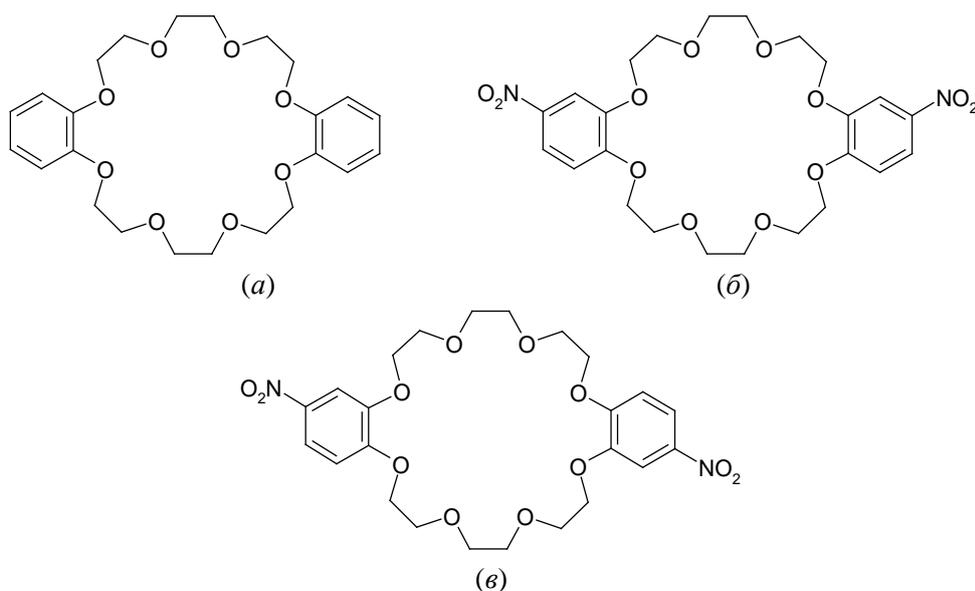


Рис. 1. Структура ДБ24К8 (а), цис- (б) и транс- (е) изомеров ДНДБ24К8.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

золота(III) фотометрии на приборе – электронные Axis ВТУ 210СНОЛ 67/350ИР-3М; измерения рН – иономер И-160.М.

олота(III) 0623:2004 (100 мг/л)еионогенный сорбент «Поролас-Т» был предоставлен ГП «Смолы», ТУ У 24.1-30168850-48-2005.

Нитрование ДБ24К8.

К 360 мг ДБ24К8 добавляли 15 мл кипящего ацетонитрила и сразу же вводили 7,8 мл 23% азотной кислоты. Образовавшийся раствор упаривали до минимального объема, из которого образовались бледно-желтые кристаллы. Полученный продукт промывали холодной водой и высушивали до постоянного веса. Выход целевого продукта составил 386,5 мг (89,4 %).

Получение сорбента.

Согласно сертификату качества, в товарном сорбенте «Поролас-Т» содержится до 8% солей, используемых в технологических процессах при его получении (основной компонент – хлорид натрия), поэтому перед импрегнированием сорбент многократно отмывали от солей. Значения оптической плотности воды после промывки должны быть на уровне нулевого раствора. Далее смолу сушили при температуре 80–85°C до постоянной массы.

Сорбент получали импрегнированием 1 г высушенной смолы 0,1 г ДНДБ24К8, растворенным в 20 мл хлороформа. Смесь в течение двух часов нагревали на роторном испарителе при 60°C, после чего поднимали температуру до 70°C и отгоняли хлороформ. Далее сорбент сушили до постоянной массы при 80°C. Масса конечного продукта – 1,1 г.

Приготовление градуировочных растворов золота(III).

Рабочий раствор ($C_{Au}=25$ мг/л) готовили путем разведения 5 мл 0623:2004 ($C_{Au}=100$ мг/л) до 20 мл раствором соляной кислоты ($C_{HCl}=1$ моль/л). Для приготовления градуировочных растворов ($C_{Au}=1; 3; 5$ мг/л) отбирали 1, 3, 5 мл рабочего раствора соответственно и доводили до объема 25 мл раствором соляной кислоты ($C_{HCl}=1$ моль/л).

Сорбционное извлечение золота(III).

Для сорбционного извлечения использовали два раствора:

- 1) в 1 моль/л HCl, с концентрацией золота(III) 5 мг/л;
- 2) в слабокислой среде значение рН 6,5. Его готовили следующим образом: 2,5 мл рабочего раствора, нейтрализовывали раствором LiOH ($C_{LiOH}=1$ моль/л) и доводили до 10 мл дистиллированной водой.

5 мл каждого исходного раствора смешивали с 0,1 г сорбента. Сорбция проводилась в течение 48 часов при температуре 25–27°C, после этого растворы отфильтровывали и измеряли концентрацию золота(III) в исходных и конечных растворах.

Коэффициент распределения, емкость сорбента и степень извлечения рассчитывали по формулам (1-3), соответственно:

$$K_p = \frac{C_0 - C}{C} \cdot \frac{V}{m}, \text{ мл/г}, \quad (1)$$

$$\Gamma = \frac{C_0 - C}{M} \cdot \frac{V}{m} \cdot 10^{-3}, \text{ ммоль/г}, \quad (2)$$

$$R = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100, \% \quad (3)$$

где C_0 – концентрация золота(III) в исходном растворе, мг/л;
 C – концентрация золота(III) в растворе после сорбции, мг/л;
 V – объем исходного раствора, взятого на сорбцию, мл;
 m – масса сорбента, взятого на сорбцию, г, отношение $V/m = 50$ мл/г постоянно во всех экспериментах;
 M – молярная масса золота, 197 г/моль;
 10^{-3} – коэффициент, учитывающий разницу в единицах измерения массы и объема (г – мг, л – мл).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве методики для нитрования исходного ДБ24К8 использовали [9]. Значения параметров сорбционного извлечения золота(III) представлены в табл. 1.

Таблица 1
Значения параметров сорбционного извлечения золота(III)

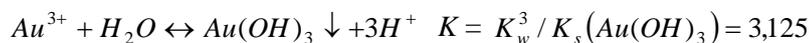
Сорбент	рН 1			рН 6,5		
	K_p , мл/г	R , %	Γ , ммоль/г	K_p , мл/г	R , %	Γ , ммоль/г
«Поролас-Т»- ДНДБ24К8 (9,09%)	5,02	9,13	$1,15 \cdot 10^{-4}$	65,22	56,60	$6,08 \cdot 10^{-4}$
«Поролас-Т»	4,47	4,28	$9,16 \cdot 10^{-5}$	11,07	18,12	$1,38 \cdot 10^{-4}$

Из полученных данных видно, что сорбция золота(III) в кислой среде протекает слабо. Извлечение золота(III) кристаллическим ДНДБ18К6 в кислой среде также незначительно. Значение K_p составляет 2,2 мл/г для *цис*-изомера и 6,9 мл/г для *транс*-изомера из растворов с концентрацией HCl 5 моль/л [5].

При извлечении из нейтральных хлоридных растворов, полученных корректировкой рН гидроксидом лития, были получены более высокие значения коэффициентов распределения. Однако параллельный эксперимент с носителем «Поролас-Т» без краун-эфира также показал извлечение золота(III).

Для объяснения полученных данных были рассмотрены равновесия золота(III) в растворах. Во-первых, катион золота(III) гидролизуется по трем ступеням, с

образованием нерастворимого гидроксида $Au(OH)_3$. Во-вторых, происходит комплексообразование с хлорид-ионом по четырем ступеням, константа комплексообразования по четвертой ступени имеет высокое значение [10]:



Ориентировочные расчеты равновесия [11] при исходной концентрации золота(III) 5 мг/л показывают, что золото(III) начинает осаждаться при pH выше 1,5. А расчет растворимости осадка $Au(OH)_3$ в присутствии 1 моль/л хлорид-ионов дает значение 0,5 мг/л. Следовательно, большая часть золота(III) в среде, близкой к нейтральной при pH 6,5, находится в виде коллоидного $Au(OH)_3$, а часть (около 10%) – в виде хлоридного комплекса $[AuCl_4]^-$.

Это объясняет высокие извлечения золота(III) в форме $Au(OH)_3$ неимпрегнированным «Поролас-Т», который используется в водоподготовке для очистки от коллоидного гидроксида железа. То, что «Поролас-Т» хорошо сорбирует гидроксиды переходных металлов, было ранее показано нами для $Co(OH)_2$ [12].

Очевидно, в работе [5] этот факт не был учтен, и высокие значения коэффициентов распределения объясняются сорбцией коллоидного $Au(OH)_3$ на кристаллическом краун-эфире.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Впервые получены сорбенты импрегнированием 4,4'(5')-динитро-добензо-24-краун-8 (ДНДБ24К8) неионогенного стиролдивинилбензолного полимерного носителя.
2. Показаны низкие значения коэффициентов распределения золота(III) данными сорбентами в кислой среде.
3. Было установлено, что извлечение золота(III) в нейтральных хлоридных растворах связано с сорбцией золота(III) в форме коллоидного гидроксида $Au(OH)_3$.
4. Показана актуальность получения и изучения новых сорбентов на основе краун-эфиров, например, бензо-15-краун-5 и дальнейшего изучения селективного извлечения золота(III) из солянокислых растворов, широко распространенных в химической технологии.

Список литературы

1. Золотов Ю. А. Использование макрогетероциклических соединений в аналитической химии / Ю. А. Золотов // Журнал всесоюзного химического общества имени Д. И. Менделеева. – 1985. – Т. 30, № 5. – С. 584–592.
2. Нестеров С. В. Краун-эфиры в радиохимии. Достижения и перспективы / С. В. Нестеров // Успехи химии. – 2000. – Т. 69, №9. – С. 840–855.
3. Warshawsky A. Developments in Solid-Liquid Extraction by Solvent-Impregnated Resins / A. Warshawsky, J. L. Cortina // Ion exchange and solvent extraction / Marcus, Y., CRC Press. – 1997. – Vol. 13. – P. 195–294.
4. <http://www.triskem-international.com>
5. Якшин В. В. Реакционная способность цис- и транс-изомеров динитро- и диаминозамещенных дибензо-18-краун-6 в процессах сорбции солей металлов / В. В. Якшин, О. М. Вилкова, Н. А. Царенко, А. Ю. Цивадзе // Доклады Академии Наук. – 2010. – Т. 430, №3. – С. 342–344.
6. Якшин В. В. Краун-эфиры в экстракции и сорбции. I. Бромпроизводные бензо- и дибензокраун-эфиров в процессах сорбции элементов из кислых водных растворов / В. В. Якшин, О. М. Вилкова, С. М. Плужник-Гладырь, С. А. Котляр // Макрогетероциклы. – 2010. – Т. 3, №2-3. – С. 114–120.
7. Bezhin N. A. Sorption of strontium by the endoreceptor dibenzo-18-crown-6 immobilized in a polymer matrix / N. A. Bezhin, I. I. Dovhyi, A. Yu. Lyapunov // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2015. – Vol. 303. – No. 3. – P. 1927–1931. DOI: 10.1007/s10967-014-3770-1.
8. Guba L. V. Physicochemical characteristics of cesium recovery with a sorbent based on dibenzo-24-crown-8 / Guba L. V., Dovhyi I. I., Lyapunov A. Yu., Grishkovets V. I. // Radiochemistry. – 2015. – Vol. 57, No. 5. – P. 518–521.
9. Калишевич В.С., Грень А.И., Тимофеев О.С. Способ получения динитропроизводных дибензо-18-краун-6. АС СССР SU 1198075 А 4 С 07 D 323/00. Заявка № 3617297/23-04; Заявл. 01.06.83; Опубл. 15.12.85. Бюл. № 46.
10. Лурье Ю. Ю. справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье // Справ. издание. – 6-е изд., перераб. и доп. М.: Химия. – 1989. – 448 с.
11. Вольдман Г. М. Теория гидрометаллургических процессов / Г. М. Вольдман, А. Н. Зеликман // Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Интермет Инжиниринг. – 2003. – 464 с.
12. Маник В. С. Изучение селективности извлечения металлов сорбентом на основе дибензо-18-краун-6 в щелочной среде / В. С. Маник, И. И. Довгий, О. А. Коптева, А. В. Штефан, А. Ю. Ляпунов // Збірник наукових праць СНУЯЕтаП. – 2014. – № 2 (50). – С. 159–162.

RECOVERY OF GOLD(III) BY SORBENT ON THE BASE OF 4,4'(5')-DINITRO-DIBENZO-24-CROWN-8

Vydysh A.A.¹, Dovhyi I.I.¹, Lyapunov A.Yu.²

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

²*A.V. Bogatsky Physico-chemical Institute, Odessa, Ukraine*

E-mail: dovhyi.illarion@yandex.ru

One of the important problems of analytical chemistry, radiochemistry, hydrometallurgy is the selective sorption of metals from complex composition solutions. To solve the problem in the 70-ies of XX century, it was proposed to use crown ethers. The selective sorption extraction and crown ethers has been shown for many metals. Currently available commercial samples of sorbents based on crown ethers to extract the strontium, lead, manufactured by Triskem Int.

The mixture of cis- and trans-dinitrobenzene-24-crown-8 was obtained by nitration of a crown ether with nitric acid in acetonitrile. The sorbent was prepared by impregnating non-ionic styrene-divinylbenzene support "Porolas T" by heating a solution of the crown ether in chloroform and then evaporating of chloroform.

Sorption of gold(III) from hydrochloric acid solutions with sorbent impregnated by 4,4'(5')-dinitro-dibenzo-24-crown-8 in polymeric support «Porolas-T» was studied. Sorption parameters: distribution coefficient, extraction efficiency and capacity of sorbent were calculated.

From these data it is evident that the sorption of gold (III) in a acidic medium flows weakly. When sorption from neutral chloride solutions obtained by adjusting the pH of lithium hydroxide were obtained higher values of the distribution coefficients. However, a parallel experiment with the support "Porolas T" without crown ether also showed the extraction of gold (III). This is explained us that the basic form of gold (III) in the medium near neutral is $\text{Au}(\text{OH})_3$.

Topical is getting new sorbents based on crown ethers and derivatives thereof, and further study of the selective extraction of gold (III) from hydrochloric acid solutions, widely used in chemical engineering.

Keywords: 4,4'(5')-dinitrodibenzo-24-crown-8, Porolas-T, gold(III), sorption.

Reference

1. Zolotov Yu.A. Using the macro heterocyclic compounds in analytical chemistry, *Magazine All-Union Chemical Society named after DI Mendeleev*, **30**, 584 (1985).
2. Nesterov S.V. Crown ethers in radiochemistry. Achievements and prospects, *Russian Chemical Reviews*, **69** (9), 769 (2000).
3. Warshawsky A., Cortina J.L. Developments in Solid-Liquid Extraction by Solvent-Impregnated Resins, *Ion exchange and solvent extraction*, **13**, 195 (1997).
4. <http://www.triskem-international.com>
5. Yakshin V.V., Vilкова O.M., Tsarenko N.A., Tsvadze A.Yu. Reactivity of cis and trans isomers of dinitro- and diamino-substituted dibenzo-18-crown-6 in metal salt sorption processes, *Doklady Chemistry*, **430** (1), 32 (2010).
6. Yakshin V.V., Vilкова O.M., Pluzhnik-Gladyr S.M., Kotlyar S.A. Crown Ethers in Extraction and Sorption. I. Bromoderivatives of Benzo- and Dibenzo-crown Ethers in the Sorption Processes of Elements from Acidic Water Solutions, *Macroheterocycles*, **3** (2-3), 114 (2010).
7. Bezhin N.A., Dovhyi I.I., Lyapunov A.Yu. Sorption of strontium by the endoreceptor dibenzo-18-crown-6 immobilized in a polymer matrix, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **303** (3), 1927 (2015).
8. Guba L.V., Dovhyi I.I., Lyapunov A.Yu., Grishkovets V.I. Physicochemical characteristics of cesium recovery with a sorbent based on dibenzo-24-crown-8, *Radiochemistry*, **57** (5), 518 (2015).
9. Kalishevich V.S., Gren A.I., Timofeev O.S. The method of preparation of dinitro-derivatives of dibenzo-18-crown-6. CA USSR SU 1198075 A 4 C 07 D 323/00. Applicatin № 3617297/23-04; Stated 01.06.83; Publ. 15.12.85. Bul. № 46.
10. Lurie Yu.Yu. *Handbook on analytical chemistry*, 448 p., (Chemistry, Moscow, 1989).
11. Voldman G.M., Zelikman A.N. *Theory of hydrometallurgical processes*, 464 p. (Internet Engineering, Moscow, 2003)
12. Manik V.S., Dovhyi I.I., Kopteva O.A., Shtephan A.V., Lyapunov A.Yu. Selectivity studing of metals extraction with sorbent on the base of dibenzo-18-crown-6 in an alkaline medium, *Proceedings of SNUNEI*, **50**, 159 (2014).

Поступила в редакцию 23.10.2015 г.

УДК 543.94

ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ С ПЕРОКСИДАЗНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОХИНОНА В ВОДЕ

Вяткина О. В., Кунык А. Н., Биба М. В., Аралкин. О. Л., Бажин В. Ю.

*Таврическая Академия (структурное подразделение) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, Россия
E-mail: oksana_vyatkina@list.ru*

Изучены количественные параметры сорбции пероксидазы редьки черной из фосфатно-буферного экстракта на силикагелях различной пористости. Методом физической сорбции в статических условиях получены ферментные препараты с максимальной пероксидазной активностью относительно гидрохинона. Показана возможность использования полученных ферментных препаратов для полуколичественного и количественного определения гидрохинона в водных растворах по методике, основанной на образовании окрашенных продуктов пероксидазного окисления гидрохинона в системе с регистрацией сигнала визуальным либо фотоколориметрическим методом.

Ключевые слова: тест-система, пероксидаза, иммобилизация, гидрохинон.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире химические тесты широко используются в экологической, промышленной, клинической и криминалистической сферах и обеспечивают возможность простого и недорогого качественного, полуколичественного и количественного анализа. Среди тест-систем особо выделяются в силу своей высокой селективности, активности, а следовательно и низкого порога обнаружения, ферментные препараты. В тест-системах, как правило, используют более стабильные во времени иммобилизованные ферменты. Каталитическая активность иммобилизованных ферментов обычно высока, но зависит от ряда факторов, начиная от способов получения и очистки фермента и заканчивая методом иммобилизации, природой и структурными особенностями подложки и условиями хранения полученного препарата [1]. При выборе ферментов для тест-систем необходимо учитывать возможность получения легко фиксируемого аналитического сигнала. Известно, что фенольные вещества, в частности гидрохинон, являются легко окисляемыми субстратами растительных пероксидаз, образующими в результате пероксидазного окисления окрашенные продукты реакции, что дает возможность как визуальной, так и фотоколориметрической их идентификации [2]. В качестве носителей для иммобилизованных ферментов могут использоваться различные вещества – природные и синтетические, органические и

неорганические. Они должны соответствовать следующим требованиям: высокая химическая и биологическая стойкость; высокая механическая прочность, возможность получения различных форм, высокая гидрофильность, обеспечивающая возможность связывания фермента с носителем в водной фазе; легкость активации фермента, способность носителя к максимальной «нагрузке» ферментом, низкая стоимость. Всем этим требованиям отвечают силикагелевые матрицы, структурные параметры которых варьируются в зависимости от условий получения [3]. Поэтому представленная работа посвящена изучению перспектив использования препаратов пероксидазы редьки черной, иммобилизованной на различных силикагелях, для создания тест-систем для определения гидрохинона в водных объектах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлась пероксидаза, выделенная из корнеплодов редьки черной. Экстракцию фермента фосфатным буфером (рН=7) из очищенного и измельченного растительного сырья проводили в течение 15 мин по стандартной методике, описанной Селибером [4]. В качестве подложки для иммобилизации фермента был использован силикагель, полученный из водного раствора силиката натрия при взаимодействии с 6 М соляной кислотой при рН<2. Иммобилизацию фермента на силикагель проводили методом физической сорбции из раствора, содержащего 20% по объему фосфатно-буферного экстракта пероксидазы (массовое соотношение твердой и жидкой фаз $\approx 1:40$) в течение 2 часов. По истечении времени сорбент отфильтровывали и оставляли сушиться на воздухе при комнатной температуре. В результате нами был получен материал, обладающий максимальной каталитической активностью в реакции пероксидазного окисления гидрохинона, содержание фермента в 1 г которого соответствует его содержанию в 5 мл нативного ферментного препарата [5].

В качестве стандартного образца с известными параметрами поверхности (зернение – 5–40 мкм, удельная активная поверхность – 550 м²/г, диаметр пор – 60 Å) использовали силикагель марки L 5/40. Для представленного стандарта было изучено сорбционное сродство к пероксидазе редьки черной. Сорбцию пероксидазы из фосфатно-буферных экстрактов на силикагеле изучали в статических условиях в системах с объёмными концентрациями экстракта от 5 до 80%, при температуре 25 °С. Время экспозиции варьировали от 10 до 90 мин. Концентрацию фермента в растворе контролировали фотокolorиметрически ($\lambda=400$ нм, $l = 2$ см, $\epsilon_{400} = 9,6 \cdot 10^4$ л/моль·см).

Устанавливали каталитическую активность препаратов, полученных методом физической сорбции фермента на силикагеле. Количество сорбированного фермента характеризовали разностью оптических плотностей растворов адсорбтива до и после сорбции. После чего рассчитывали степень связывания фермента с твердой фазой (N) по формуле (1):

$$N (\%) = \frac{D_{нач} - D_{кон}}{D_{нач}} \cdot 100; \quad (1)$$

где: N (%)–степень связывания фермента на силикагеле,
 $D_{нач}$, $D_{кон}$ – начальная и конечная оптические плотности ферментсодержащего раствора.

Иммобилизацию пероксидазы на стандартный силикагель проводили методом сорбции из фосфатно-буферных растворов с объёмными концентрациями фермента от 10 до 70% в статических условиях при температуре 25°C.

Активность полученных ферментных препаратов определяли по начальной скорости окисления субстрата восстановителя. Изменение концентрации гидрохинона контролировали фотоколориметрическим методом по реакции с *o*-фенантролином в присутствии ионов Fe^{3+} ($\lambda=580$ нм, $l=1$ см, $\epsilon_{580}=13,6 \cdot 10^3$ л/моль·см) [6]. За единицу удельной активности приняли количество окисленного субстрата (мкМ), катализированного 1 г ферментного препарата на протяжении 1 минуты:

$$Au (\text{активность}) = \frac{\Delta C(\text{гидрохинона}) \cdot V(\text{реакционной смеси, л})}{g(\text{ферментного препарата}) \cdot t(\text{мин})}; \quad (2)$$

$$1 \cdot \frac{\text{мкмоль (субстрата)}}{г(\text{ферментного препарата}) \cdot \text{мин}} = 1 \text{ e. a.}$$

Препараты иммобилизованной пероксидазы с максимальной каталитической активностью использовали в качестве компонента аналитических систем для количественного определения фенольного субстрата в водных растворах. В каждую пробу объемом 20 мл, содержащую определенное количество гидрохинона, вносили 1 г ферментного препарата и приливали 2 мл фармакопейного раствора пероксида водорода ($\omega(H_2O_2)= 3\%$). Выдерживали фиксированное время. Далее растворы фильтровали и измеряли оптическую плотность фильтрата на фотоэлектроколориметре КФК-2 при $\lambda=540$ нм и $l=2$ см. Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики [7]. Полученные результаты сравнивали со стандартным фотоколориметрическим методом количественного определения гидрохинона в системах с Fe^{3+} и *o*-фенантролином [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что структурные характеристики силикагелей, а следовательно и их сорбционная способность, зависят от pH среды гелеобразования и осаждения. Так силикагели, синтезированные при кислых pH, отличаются небольшим размером глобул, малым диаметром пор и большой удельной поверхностью, в то время как силикагели, синтезированные при щелочных pH, отличаются большим размером глобул, большим диаметром пор и малой удельной поверхностью [3]. В исследованиях мы использовали силикагель осажденный при $pH < 2$, который по литературным данным [8] характеризуется удельной поверхностью 650–800 м²/г, средний эффективный диаметр пор – 12–20 Å). Было установлено, что

максимальные степени связывания фермента с подложкой в данном случае достигались в течение 120 минут, при этом формирование монослоя адсорбата происходит в диапазоне объёмных концентраций фермента 10–30%, оптимальными условиями иммобилизации пероксидазы редьки черной на силикагеле с рН синтеза < 2 является сорбция из 20% фосфатно-буферного раствора в течение 120 минут [9].

В качестве эталонного образца применяли силикагель марки L 5/40, характеризующийся большим диаметром пор, соизмеримым с размерами молекулы пероксидазы [10]. Эксперимент показал, что формирование монослоя адсорбата на поверхности адсорбента происходит в течение 60 минут в диапазоне молярных концентраций фермента от $1,2 \cdot 10^{-6} \text{M}$ до $2 \cdot 10^{-6} \text{M}$ в растворе (рис.1), что соответствует интервалу объёмных концентраций фосфатно-буферного экстракта фермента от 50% до 80%. Это, очевидно, связано с сорбцией молекул пероксидазы не только на поверхности используемого силикагеля, но и в порах, соизмеримых с молекулярными размерами фермента. Причем максимальная степень связывания фермента подложкой наблюдается при его сорбции из 40% раствора, что соответствует началу области формирования монослоя фермента на поверхности силикагеля (рис.2).

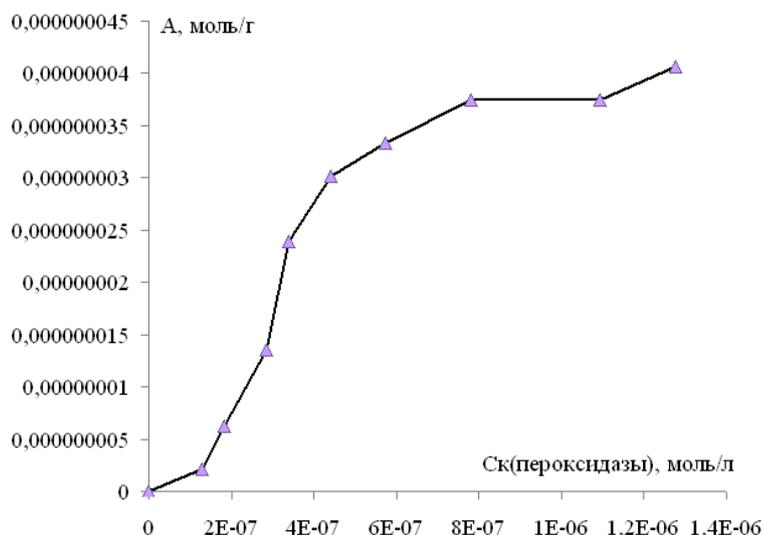


Рис. 1. Изотерма адсорбции пероксидазы корнеплода редьки черной на силикагеле (время экспозиции, $\tau = 60$ мин).

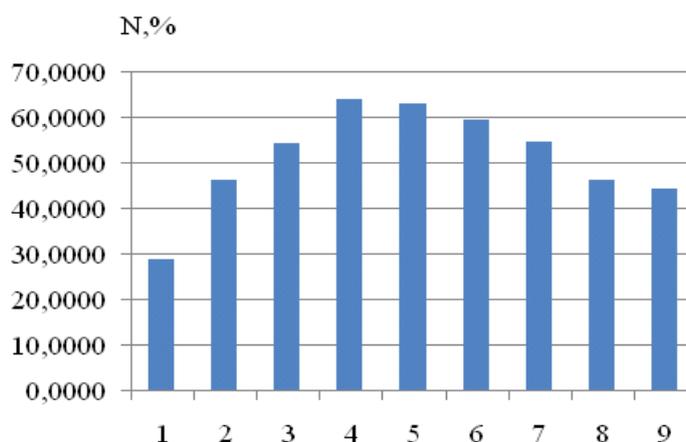


Рис. 2. Зависимость значений степени связывания пероксидазы на силикагеле от концентрации фермента в водных растворах, где объемная концентрация фосфатно-буферного экстракта фермента: 1 – 5%, 2 – 10%, 3 – 20%, 4 – 30%, 5 – 40%, 6 – 50%, 7 – 60%, 8 – 70%, 9 – 80%.

Как правило, формирование полимолекулярных слоёв фермента на поверхности подложки ведёт к уменьшению активности полученных препаратов. Поэтому для установления оптимальных условий иммобилизации пероксидазы на силикагеле марки L 5/40 мы при комнатной температуре в течение 60 минут проводили сорбцию фермента из 10, 20, 30, 50 и 70% растворов. Результаты определения пероксидазной активности полученных препаратов представлены на рисунке 3.

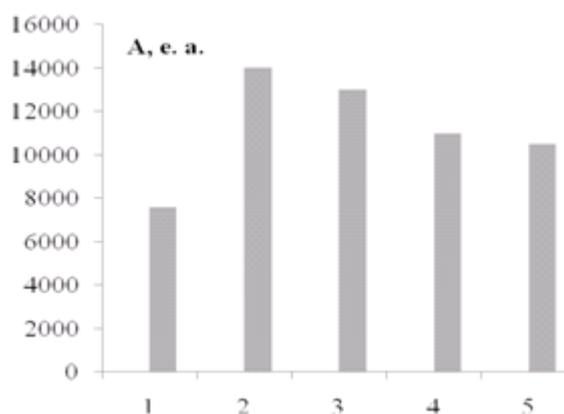


Рис. 3. Зависимость активности ферментного препарата от концентраций пероксидазы сорбционных системах, где объемная концентрация фосфатно-буферного экстракта фермента: 1 – 10%, 2 – 20%, 3 – 30%, 4 – 50%, 5 – 70%.

Эксперимент показал, что наибольшей активностью обладает препарат, полученный сорбцией пероксидазы из 20% раствора, где не происходит образование полислоев адсорбата на поверхности. Таким образом, оптимальным условием иммобилизации пероксидазы редьки черной на силикагеле марки L 5/40 при $t=25^{\circ}\text{C}$ является её сорбция из 20% фосфатно-буферного раствора супернатанта в течение 60 мин.

Ранее было установлено, что продукты пероксидазного окисления гидрохинона окрашивают раствор в красный цвет, причем интенсивность окраски зависит от концентрации субстрата [2]. Поэтому для регистрации аналитического сигнала в аналитической серии растворов нами был выбран метод фотоколориметрии. Измерения производили на приборе КФК-2 при длине волны $\lambda=540$ нм, что соответствует диапазону максимальных значений молярного коэффициента поглощения для растворов с красной окраской. Наблюдения показали, что интенсивное и устойчивое во времени красное окрашивание в системе с анолитом появляется уже в течение первых 10 мин. экспозиции, поэтому именно это время считали достаточным для фиксирования аналитического сигнала – оптической плотности (D) системы. Общее время проведения анализа составило 30 мин. Полученная калибровочная прямая представлена на рисунке 4:

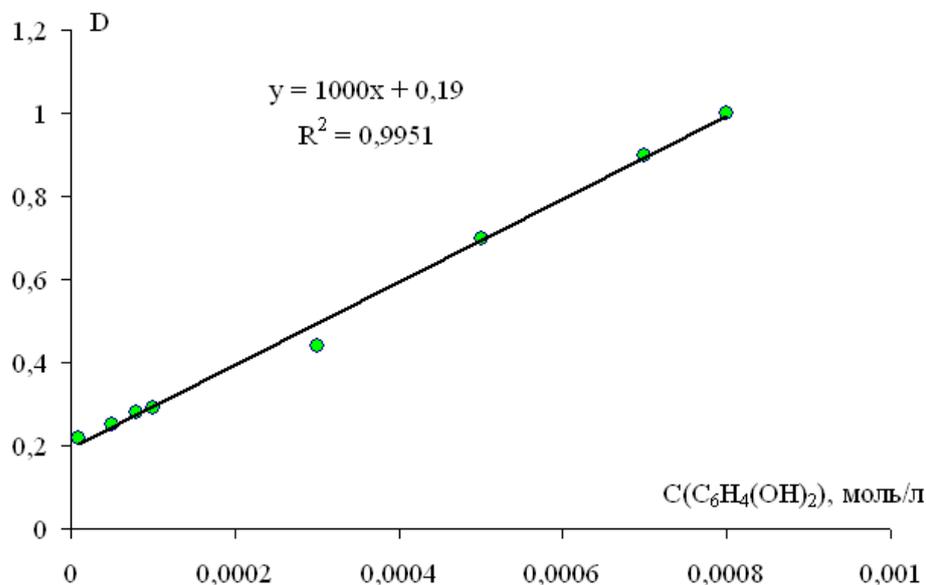


Рис. 4. Зависимость оптической плотности раствора (D) от концентрации $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$ в системе с пероксидазой иммобилизованной на силикагеле марки L 5/40 и пероксидом водорода ($\tau=10$ мин).

Тогда как в системе с пероксидазой иммобилизованной на силикагеле с pH синтеза <2 при аналогичном составе красное окрашивание появляется в течение первых 20 минут, но после 40 минут экспозиции интенсивность окраски остается неизменной. Поэтому аналитический сигнал для построения калибровочных кривых в

этих системах измеряли через 40 минут экспозиции. Общее время проведения анализа составило 50 мин. Полученная калибровочная прямая представлена на рис. 5.

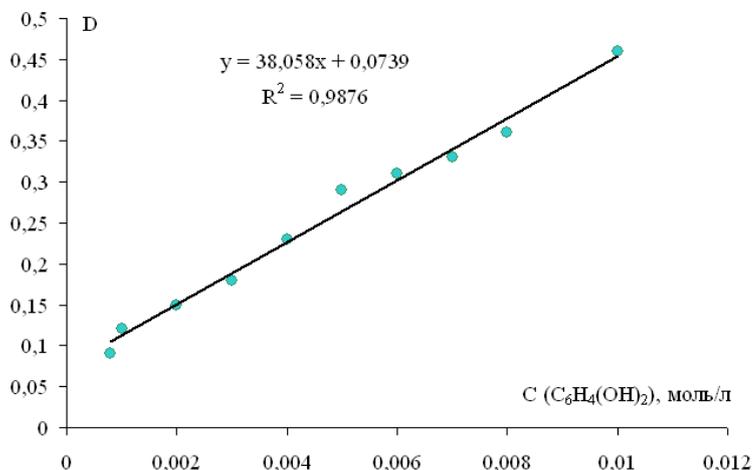


Рис. 5. Зависимость оптической плотности раствора (D) от концентрации $C_6H_4(OH)_2$ в системе с пероксидазой, иммобилизованной на силикагеле, осажденном при $pH < 2$, и пероксидом водорода ($\tau = 40$ мин)

Параллельно было проведено определение концентрации гидрохинона по стандартной методике с раствором железа(III) и о-фенантролином (рис. 6). Данный анализ требует большого количества реактивов. Общее время выполнения анализа 90 мин. Калибровочная прямая представлена на рис. 6.

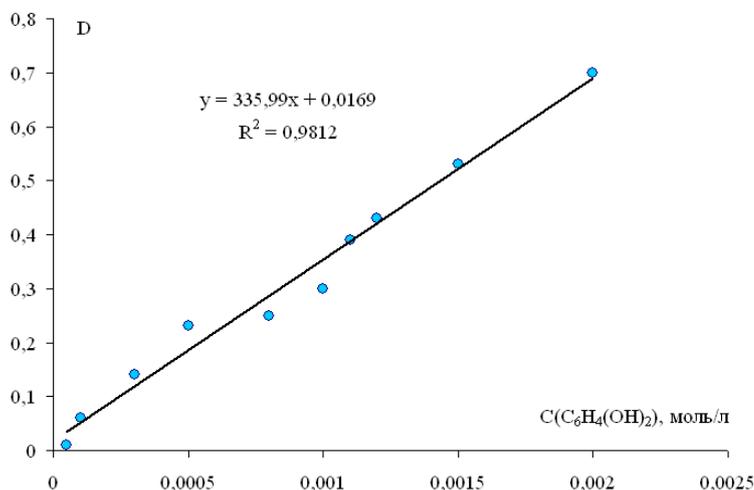


Рис.6. Зависимость оптической плотности раствора (D) от концентрации $C_6H_4(OH)_2$ (стандартная методика).

Калибровочные кривые были аппроксимированы уравнениями типа $y=bx+a$. Значения параметров градуировочного графика a и b и их доверительные интервалы указаны в табл. 1.

Таблица 1

Результаты статистической обработки данных в исследуемых системах

$$y = (b \pm \varepsilon_b)x + (a \pm \varepsilon_a)$$

№	Состав системы	Параметры калибровочной прямой				Стандартный раствор		
		a	ε_a	b	ε_b	\bar{Y}_a	\bar{X}	ε_x
$\lambda = 540 \text{ нм}, l=2\text{см}$								
I	Пероксидаза, иммобилизованная на силикагеле, осажденном при $\text{pH} < 2$, $m=1\text{г}$; $C(\text{H}_2\text{O}_2)=0,09 \text{ М}$; $C(\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2) 8 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-2} \text{ М}$	0,07	0,02	38	3	0,340	0,007	0,0003
II	Пероксидаза, иммобилизованная на силикагеле L 5/40, $m=1\text{г}$; $C(\text{H}_2\text{O}_2)=0,09 \text{ М}$; $C(\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2) 1 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-3} \text{ М}$	0,19	0,002	999	52,6	0,713	0,00052	0,000078
$\lambda=580 \text{ нм}, l=1 \text{ см}$								
III	Стандартная методика	0,02	0,04	336	38	0,30	0,0008	0,00007

Расчетные значения пределов обнаружения ($C(\text{min})$) представлены в табл. 2, откуда следует, что в системе I с ферментным препаратом, иммобилизованным на силикагель, осажденный в сильно кислой среде, этот параметр больше в 6 раз по сравнению со стандартной методикой, следовательно, чувствительность метода ниже. А в системе II с эталонным силикагелем предел обнаружения в три раза ниже, чем в стандартной методике. Такое различие чувствительности методик с применением ферментных препаратов обусловлено в первую очередь влиянием структуры подложки на активность иммобилизованного ферментного препарата относительно соответствующего субстрата. Так, было установлено, что максимальная удельная активность пероксидазы, сорбированной на силикагеле L 5/40, на четыре порядка превышает активность пероксидазы, сорбированной в оптимальных условиях на силикагеле с pH осаждения < 2 , что, очевидно, обусловлено различиями в механизмах связывания фермента на подложке [9].

Таблица 2

**Значения пределов обнаружения $C(\min)$ гидрохинона
в исследуемых системах**

Система		
I	II	III
$C(\min) \cdot 10^{-4}$, моль/л		
6±0,2	0,3±0,07	1±0,3

Полученные градуировочные прямые использовали для определения количества гидрохинона в стандартных растворах. Каждая серия состояла из трёх определений. Статистическая обработка полученных результатов показана в табл. 1, откуда видно, что минимальной относительной погрешностью, допустимой в фотоколориметрии, характеризуется результат, полученный в системе I ($\Delta x_I=4,3\%$), что ниже погрешности определения в стандартной методике ($\Delta x_{\text{станд}}=8,8\%$). В системе II погрешность определения ($\Delta x_{II}=15\%$), что неприемлемо для количественного анализа, но удовлетворяет требованиям полуколичественных определений. Однако высокая чувствительность в данной методике показывает перспективу её доработки и совершенствования путем создания аналитических серий с большим числом вариантов, коррекцией массы ферментного препарата либо количества пероксида водорода. Таким образом, системы I и II могут быть нами рекомендованы как тест-системы для полуколичественного колориметрического, а после соответствующей доработки – и количественного фотоколориметрического определения гидрохинона в водных растворах в вышеуказанных диапазонах концентраций, находящихся ниже уровня ПДК гидрохинона в природной воде [11]. Тем более что время выполнения анализа в этом случае системы I почти в два раза меньше, чем в стандартной методике, а методика II в три раза быстрее и нет необходимости использования большого количества растворов реагентов, что облегчает задачу анализа *on-site*. Также эксперимент показал, что для понижения стоимости ферментных тест-систем перспективным является получение в лабораторных условиях силикагелей, осажденных при щелочных pH, обладающих пористостью и параметрами поверхности, сходными с силикагелем L 5/40 и использование их в качестве подложки для иммобилизации пероксидазы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучена сорбция пероксидазы редьки черной на силикагеле марки L 5/40 в статических условиях. Установлено формирование монослоя фермента на поверхности силикагеля при сорбции из растворов, содержащих более 50 объемных процентов фосфатно-буферного экстракта фермента.
2. Определены условия получения ферментного препарата с максимальной пероксидазной активностью методом физической сорбции на силикагеле марки L 5/40: $t=25^\circ\text{C}$, начальная объемная концентрация фосфатно-буферного экстракта фермента – 20%, время экспозиции $\tau=60$ минут. Получен ферментный

препарат с максимальной пероксидазной активностью относительно гидрохинона $A=14000$ е.а.

3. Показана возможность использования ферментных препаратов с пероксидазной активностью для полуколичественного и количественного определения гидрохинона, основанная на образовании окрашенных продуктов пероксидазного окисления гидрохинона в системе, с регистрацией сигнала визуальным либо фотоколориметрическим методом. Определены метрологические характеристики таких методик. Указано влияние структуры подложки на чувствительность ферментных тест-систем.

Список литературы

1. Золотов Ю. А. Химические тест-методы анализа / Ю. А. Золотов, В. М. Иванов, В. Г. Амелин. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 302с.
2. Ермакова М. О. Имобилизация пероксидазы редьки чёрной на силикагелях, синтезированных в кислой среде / М. О. Ермакова, О. В. Вяткина, Е. Л. Кревсун // Тринадцата всеукраїнська конференція з міжнародною участю студентів та аспірантів «Сучасні проблеми хімії» (25-27 квітня 2012): Тез. доп. – Київ, 2012. – С. 147
3. Химия привитых поверхностных соединений / Под ред. Г. В. Лисичкина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.
4. Селибер Г. Л. Большой практикум по микробиологии / Г. Л. Селибер. – М.: Мир, 1962. – 492 с.
5. Влияние природы подложки на механизм сорбции пероксидазы редьки черной / О.В. Вяткина // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. – 2012. – Т.25 (64), №4. – С.239-247.
6. Бейерман К. Определение следовых количеств органических веществ / К. Бейерман; пер. с англ. А. А. Кирюшкина. – М.: Мир, 1987г. – 462 с.
7. Чарыков А. К. Математическая обработка результатов химического анализа. Методы обнаружения и оценки ошибок / А. К. Чарыков. – Л.: Химия, 1984. – 168 с.
8. Чукин Г. Д. Химия поверхности и строение дисперсного кремнезёма / Г. Д. Чукин. – М.: Типография Паладин, ООО «Принта», 2008. – 172 с
9. Аралкин О. Л. Роль сорбционных взаимодействий фермент-силикагель в процессе получения пероксидазных катализаторов / О. Л. Аралкин, М. В. Биба, А. Н. Куньк, О. В. Вяткина // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: электронный сборник статей по материалам XXX студенческой международной заочной научно-практической конференции. (Новосибирск, апрель 2015). – №4(29). – С.166–176.
10. Рогожин В. В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов / В.В. Рогожин. – М.: ГИАРД, 2004. – 240 с.
11. Беспаметов Г. П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник / Г. П. Беспаметов, Ю. А. Кротов.– Л.: Химия, 1985. – 528 с.

APPLICATION OF ENZYMATIC SPECIMEN WITH PEROXIDASE ACTIVITY FOR QUANTITATIVE DETERMINATION OF HYDROQUINONE IN WATER

Vyatkina O. V., Kunyk A. N., Biba M. V., Aralkin O. L., Bajin V. U.

*Tavrida Academy (organizational department) of federal national independent educational establishment of the high education "Crimean Federal V.I. Vernadsky University", Simferopol, Russia
E-mail: oksana_vyatkina@list.ru*

In modern world chemical tests are extensively used in ecological, industrial, medical, criminalistic branches. They provide simple and cheap qualitative, half-quantitative and quantitative analysis. Enzymatic specimens, among other test systems, explicitly separated, because of their high selectivity, activity, and therefore low detection threshold. Enzymes, that are more constant in time and immobilized, are usually used in test-systems. Should be considered an ability of obtaining easy-clamp analytical signal, while choosing enzymes for test system. Phenols, in specifically hydroquinone, are known to be easily acetification substrates of vegetable peroxidase, which can generate color reaction product, due to acetification by peroxidase, that makes possible their visual and photocolormetry identification. Silica gel's matrices are mostly used as a supporter for immobilizing enzym, which structural characteristic differ because of obtaining conditions.

We have studied sorption of black radish peroxidase on L 5/40 type of silica gel and silica gel with settlement pH less 2 (<2) in constant conditions. It has been found that on a surface of silica gel by the sorption from solution, consisting more then 50 volumetric percent of phosphate buffer enzyme extract in the first case and sorption from solution with 10 percent in a second case, unimolecular layer of enzyme was formed. It has been evaluated conditions of obtaining enzymatic specimen with maximum of peroxidase activity by methods of physical sorption: $t=25^{\circ}\text{C}$, initial volumetric concentration of phosphate buffer extract of enzyme – 20 percent, exposition time $\tau=60$ minutes, for type L 5/40 of silica gel; sorption from 20 percent phosphate buffer solution during 120 minuets, for silica gel with pH of formation less 2. Ability of using enzyme specimen with peroxidase activity for half quantitative and quantitative determination of hydroquinone has been shown. It's based on forming of color products of hydroquinone acetification by peroxidase in a system with the registration of a signal by visual or photocolormetry methods. Metrological characteristics of these methods have been determined. Influence of structure of padding on sensitivity of enzyme test system has been specified.

Keywords: test system, peroxidase, immobilization, hydroquinone.

Reference

1. Zolotov Y.A. Chemical Test Methods of Analysis / Y.A. Zolotov, V.M. Ivanov, V.G. Amelin. - M.: Editorial URSS, 2002 – 302p. (in Russ.).
2. Ermakova M.O., Vyatkina O.V. Krevsyn E.L. Immobilizing of black radish peroxidase on silica gels witch synthesize in a acid circumstances, thirtieth All Ukrainian conference with participate of international students and graduate students "Modern problems of chemistry"(25-27 april, 2012), p 147, (Kiev 2012)

3. By the redaction of G.V.Lesichkina, Chemistry of the graft surface pull , p 592 (FIZMATLIT, Moscow, 2003)
4. Seliber G.L. Major microbiology practical work , p.492 (Mir, Moscow, 1962)
5. Vyatkina O.V. Influence of nature of undercoat on mechanism sorption black radish peroxidase, Scientifically note V.I.Vernadsky's Tavrida National University, p 239-247 T.25 (64) №4, 2012.
6. Beyerman K. Determination lesser quantity organic substances, p 462 (Mir, Moscow, 1987)
7. Charykow A.K. Mathematical treatment results of chemical analysis. Methods of detecting and rating errors, p 168 (Chemistry, Lvov, 1984)
8. Chykin G.D. Chemistry of surface and structure of silica, p 172, (Typography Paladin, "Printa", Moscow, 2008)
9. Aralkin O.L., Biba M.V. Kynik A.N. Vyatkina O.V. Functional of sorptional coupling enzymatic-silica gel in a process of getting catalyts of peroxidase. Scientifically association students of 21-th centenary. Natural sciences: Electronic collection of articles by materials of 30th international students correspondence of scientific and practical conference. (Novosibirsk, april, 2015) №4(29), p166-176
10. Rogojin V.V. Peroxidase as a component of antioxidant system of living organisms. p 240 (GIARD, Moscow, 2004)
13. Bespametov G.P., Krotov U.A. Down to the limit acceptable concentrations of chemical substances in surrounding environment. Guide, p 528 (Chemistry, Lvov, 1958)

Поступила в редакцию 23.10.2015 г.

УДК 543.068.2+546.823

РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ПРОИЗВОДСТВА ДИОКСИДА ТИТАНА

Федоренко А. А., Курмачев Э. А., Федоренко А. М., Лагунов И. М.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО
«КФУ им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым
E-mail: fedoram37@gmail.com*

Выполнены систематические исследования по разработке методов аналитического контроля технологических растворов в автоматическом режиме производства пигментного диоксида титана. Установлено, что лучшим из методов контроля многокомпонентных растворов является спектрофотометрический с определением характеристик ионов TiO^{2+} , Ti^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} и других. Анализ выполняется в области 380–1100 нм непосредственно, а также с применением H_2O_2 (лиганда) для иона TiO^{2+} . Анализ подвергнуты технологические растворы с применением метода нарушенного полного внутреннего отражения и оптического анализатора, разработанные на базе светодиодов, фотодиодов и интерференционных фильтров.

Ключевые слова: оптический анализатор, контроль, автоматизация, электролиз, титанил сульфат, диоксид титана.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей работе рассмотрены проблемные вопросы методов анализа по определению содержания компонентов в технологических растворах производства пигментного диоксида титана. Особенно это касается состояния растворимых соединений, то есть элементов-хромофоров, их наличия и концентраций, которые находятся в различных состояниях окисления. Их присутствие в растворах существенно влияет на качество конечного продукта. Прежде всего, это относится к ионам железа(III), железа(II), титана(IV), титана(III), независимо от состава исходного сырья, присутствие их в растворах не исключается. При этом вплоть до настоящего времени, используются в сернокислотных производствах титриметрические методы анализа, которые отличаются малой достоверностью полученных результатов. При определении концентрации титанил сульфата в технологических растворах на предприятии ООО «Титановые инвестиции» (г. Армянск) используется (ЖАК) = $0,05$ моль/дм³ железоаммонийных квасцов в присутствии роданид-иона (NH_4CNS) в качестве индикатора. Концентрацию Ti^{3+} устанавливают визуально по появлению окрашенного в красно-бурый цвет комплекса $Fe(CNS)_3$. Анализ раствора выполняют при температуре 60 °С с активным перемешиванием [1].

В качестве других примеров следует рассмотреть способ фотометрического определения титана(III) по Ганаго Л.И. и др. [2]. Согласно предложенному способу,

титан переводят в ионный ассоциат с бромпирогаллоловым красным (БПК) и кристаллическим фиолетовым (КФ) с фильтрацией его при $\text{pH} = 0,75\text{--}0,85$ толуолом, с последующим разрушением этанолом и выделением эквивалентного титану количества кристаллического фиолетового. Количественную регистрацию осуществляют фотометрированием толуольно-этанольного экстракта при 590 нм. Условия образования ассоциата $(1,6\text{--}2,4) \cdot 10^{-4}$ моль/дм³, концентрация БПК и КФ $(1,2\text{--}1,6) \cdot 10^{-4}$ моль/дм³.

К недостаткам используемых методов можно отнести длительность приготовления анализируемых растворов и проведения анализа, а также присутствие всех недостатков титриметрического метода анализа: погрешности при взятии аликвоты; при определении пошедшего объема титранта; адсорбция реагента на стенках стеклянной посуды; нагревание раствора; встряхивание раствора. Все действия проводятся без создания инертной атмосферы, поскольку титан (III) легко окисляется до титана (IV) ($E_{\text{Ox-Red}}=1,13\text{В}$), и, как следствие, результаты определений концентраций в растворах являются сомнительными.

В монографии Марченко С., Бальцежак М. «Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе» авторы исключают возможность спектрофотометрического определения Ti^{3+} [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С целью поиска аналитического контроля технологических растворов производства TiO_2 по степени восстановления ионов TiO^{2+} до Ti^{3+} , как сильного восстановителя для ионов Fe^{3+} , было обращено внимание на применение спектрофотометрии. Выбор метода обусловлен его высокой селективностью, чувствительностью, экспрессностью, малыми объемами растворов, возможностью автоматизации процесса. Первоначально была исследована серия сульфатных технологических растворов в области $\lambda = 200\text{--}1100$ нм, где установлено: для иона TiO^{2+} максимум поглощения находится при 220 нм; для Fe^{3+} при 380 нм; для Ti^{3+} при 475 нм и для Fe^{3+} при 930 нм. Измерения выполнены с использованием спектрофотометров: СФ-16, СФ-56А и Specord UV-VIS. При разработке оптических анализаторов использованы светодиоды и фотодиоды в видимой области электромагнитного излучения и к ним подобраны интерференционные светофильтры, в зависимости от максимума поглощения определяемого иона.

Термостатирование камеры оптического анализатора с кюветами и растворами обеспечивали универсальным цифровым терморегулятором ТР-06. Обработка экспериментальных данных осуществлялась на персональном компьютере с использованием программы Origin 7,5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате систематического исследования спектрофотометрическим методом технологических растворов предприятия ООО «Титановые Инвестиции» установлено, что спектры ионов хромофоров железа(III) и железа(II) не перекрываются и не накладываются с какими-либо ионами других элементов [4], кроме того они отстоят друг от друга на значительном расстоянии. Эта информация

явилась предпосылкой для разработки и изготовления приборов «оптических анализаторов» технологических растворов. Принцип полезности таких разработок заключается, прежде всего, в автоматизации анализа растворов, селективности и высокой достоверности полученной информации. Эти результаты были достигнуты путем исследования растворов по поглощению электромагнитного излучения (ϵ_λ) нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Исследования выполнены по изучению характеристик ионов титана(III), т.к. он является активным восстановителем и используется в технологии производства TiO_2 для восстановления железа(III) до железа(II). Эти действия крайне необходимы, поскольку Fe^{3+} гидролизуется при $pH = 1,6 \dots 3,5$ с образованием коллоидных частиц состава $[mFe(OH)_3 \cdot 2nFe(OH)_2 \cdot (2n-1)SO_4^{2-}]^{2k+} \cdot nSO_4^{2-}$, которые активно адсорбируются на стадии гидролиза по поверхности ядер пасты гидрата диоксида титана (ГДТ). Удаление таких ионов из пасты ГДТ на стадиях промывки практически невозможно, и как следствие, белый пигмент TiO_2 становится непригодным. Восстановленные ионы Fe^{2+} гидролизуются при $pH = 6,6 \dots 9,3$ и такие ионы легко удаляются из технологических растворов с $pH = 2,5 \dots 3,5$. Восстановление ионов Fe^{3+} до Fe^{2+} в сернокислотных растворах происходит путем прибавления к растворам металлолома железа и порошкообразного алюминия. Однако такой способ является дорогостоящим и не обеспечивает качество (по белизне) готовой продукции TiO_2 . В таком случае альтернативным способом восстановления является весьма перспективное электрохимическое восстановление ионов железа и титана с включением полной автоматизации аналитического контроля технологических растворов спектрофотометрическим методом.

Особое внимание обращено на метод однократно нарушенного полного внутреннего отражения (ОНПВО) в связи с тем, что такое свойство электромагнитного излучения, при его использовании в гидрометаллургии, может иметь многообразие вариантов [5]. При использовании в производстве TiO_2 существенно повышается эффективность аналитического контроля и, в целом, системы управления производством. Один из предлагаемых приемов НПВО для аналитического контроля титана(III) представлен в форме принципиальной схемы (рис. 1.).

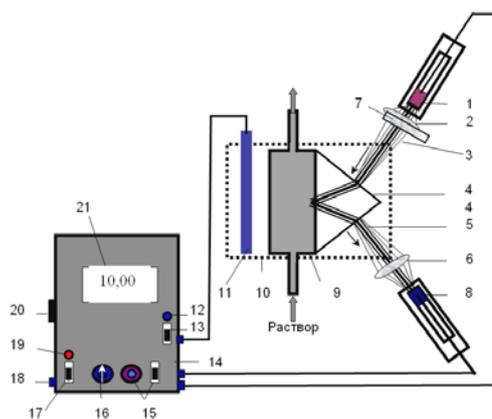


Рис. 1. – Принципиальная схема оптического анализатора растворов (ОНПВО - 2АФ): 1 – светодиод; 2 и 6 – линза; 3 и 5 – септопоток падающий и отраженный; 4 – призма; 7 – светофильтр интерференционный; 8 – фотодиод; 9 – кювета с раствором; 10 – камера-термостат; 11 – термоэлемент; 12 и 19 – индикатор; 13 – тумблер; 14 – блок усилителя и интерфейса; 15 – тумблер и кнопка светодиода; 16 – ручка настройки; 17 – тумблер; 18 – подвод сети 220 В; 20 – порт к компьютеру; 21 – цифровой индикатор.

Реализация данного метода базируется на поглощении электромагнитного излучения светодиодом (1), который собирается линзой (2) и направляется на трехгранную призму из корунда (4), к ней примыкает прямоугольная кювета с раствором сульфата титана(III) (9), и за счет единовременного нарушенного полного внутреннего отражения (d-d электронного перехода $t_{2g} \leftrightarrow e_g$) световой поток уменьшается. Прощедший поток собирается линзой (6) и попадает на фотодиод (8), который превращает его в электрический сигнал и фиксируется регистрирующим устройством (14). По разности световых потоков устанавливается функциональная зависимость концентрации титана(III) в растворах. Концентрация реагирующего вещества определяется с помощью эталонного графика (интенсивность светового потока от концентрации). Калибровку прибора первоначально выполняют по растворителю, затем кювету заполняют стандартным раствором и устанавливают на основании индикатора значения по току устройства, регистрирующего интенсивность светового потока, что сопоставляется с данными эталонного графика. После завершения калибровки прибора выполняются определения концентраций в технологических растворах. Продолжительность определения концентрации титана(III) в технологических растворах зависит от времени стабилизации их по температуре термозлементом (11).

На основании систематических исследований разработан и изготовлен комплекс аналитического контроля технологических растворов в дискретном и непрерывном режимах технологического процесса, представленного на (рис. 2).



Рис. 2. Оптический анализатор растворов (ОНПВО)-2ФА) сульфата титана(III) при λ_{470} : 1 – термостатируемый блок с оптической системой; 2 – регистратор – интерфейс; 3 – компьютер; 4 – блок управления.

Преимущества предложенного комплекса заключаются в его эффективном способе получения информации о состоянии технологического раствора и количественного содержания титана(III) сульфата. В данном случае исследуемый раствор поступает в термостатируемый блок (1) с оптической системой в непрерывном режиме без контакта с воздухом, особенно с O_2 , при температурах технологического режима 55–60 °С. Изменение сигнала фотодиода (8), (рис. 1) после его усиления поступает в регистратор – интерфейс (2), (рис. 2) с выдачей на табло информации о концентрации растворов и последующей передачей на компьютер (3) или АСУ в технический отдел.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлены перспективные направления осуществления экспресс-анализа для технологических растворов производства пигментного диоксида титана сульфатным способом, установлено, что более перспективным является метод Нарушенного полного внутреннего отражения, с возможностью усовершенствования его модификаций.
2. Проведены исследования в сернокислотных растворах с использованием аналитического контроля сульфата титанила в пределах 0,2–4,3 г/дм³ при постоянной температуре 60±0,5 °С, воспроизводимость определений концентраций титана (III) находится в пределах 0,02±0,01 г/дм³.
3. Выявлена возможность использования анализатора (ОНПВО)-2ФА для обеспечения автоматизации технологического процесса обеспечения блокирования железа (III) путем прибавления сульфата титанила на всех ответственных участках.

Список литературы

1. Гидролизная, смешанная и упаренная серная кислота. СТП 32785994.005-2005 [Дата введения 2005-09-12] – Армянск, Украина, 2005, 16 с. – (ЗАО «Крымский ТИТАН»).
2. Пат. 2024850. Российская федерация. МКИ G01N21/78. Способ фотометрического определения титана / Ганаго Л.И. [ВУ]; Иванова И. Ф. [ВУ]; Ищенко Н.Н. [ВУ]; – № 5004359/25; заявл. 08.07.1992; опубл. 15.12.1994, *Бюл. № 3*.
3. Марченко З. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе / З. Марченко, М. Бальцежак. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 711 с.
4. Федоренко А.М. Спектрофотометрическое определение титана(IV) и (III), железа(III) и (II) в сернокислотных растворах / А.М. Федоренко, Э.А. Курмачев, Ю.И. Цибрий. – Симферополь: Сб. Ученые записки ТНУ, Биология и химия, 2006 – Т. 19(58). № 2. – С. 134–138.
5. Сайдюв Г.А. Практическое руководство по молекулярной спектроскопии // Г. А. Сайдюв, О. В. Свердлова: Учеб. пос. / Под ред. Н.Г. Бахшиева. – Л.: ЛГУ, 1980. – 136 с.
6. Пат. 75009 Україна, МПК G 01 N 21/78. Спосіб визначення титану (III) у технологічних розчинах // А. О. Федоренко, О. М. Федоренко, О. І. Шитманюк, Ю. І. Цибрій, К. Д. Першина (Україна); заявник та власник патенту А.О. Федоренко, О.М. Федоренко, О.І. Шитманюк, Ю.І. Цибрій, К.Д. Першина. – № u201200762; заяв. 25.01.2012; опубл. 26.11.2012, *Бюл. № 22*.

DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED SYSTEMS IN ANALYTICAL CONTROL OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN TITANIUM DIOXIDE PRODUCTION

Fedorenko A.A., Kurmachev E.A., Fedorenko A.M., Lagunov I.M.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea
E-mail: fedoram37@gmail.com*

Performed a systematic study on the development of analytical methods for the control of technological solutions in the automatic mode of production of titanium dioxide pigment. The study used the physics-chemical characteristics of technological solutions of

sulfuric acid production of titanium dioxide pigment. The main attention is paid to the study of technological solutions with a complete analysis of the optical characteristics of the ions Fe^{3+} , Fe^{2+} and TiO^{2+} , Ti^{3+} in the 200 - 1100 nm. It is found that of the optical absorption spector of ions do not overlap: λ (TiO^{2+}) are in the range 215 - 225 nm; λ (Fe^{3+}) - 380 nm; λ (Ti^{3+}) - 470 nm; λ (Fe^{2+}) - 930 nm, therefore, for identification of interfering ions are absent, that allows to apply automated analytical instruments. It was found that the analysis of these solutions from the best methods of analytical control solutions is a spectrophotometric - attenuated total reflection prism with corundum. The analysis is made directly in the 380 -1100 nm ions Fe^{3+} , Ti^{3+} and Fe^{2+} , and TiO^{2+} ion with H_2O_2 (ligand).

To ensure analytical control and compensation control process solutions of the active presence of a reducing agent Ti^{3+} in the range of 0.5 - 3.0 g / dm³, designed and built, the original optical analyzer solutions, operating in automatic mode. The scope of the optical analyzer of solutions including semiconductor light-emitting diodes with a predetermined wavelength of the electromagnetic radiation, and photodiodes. In order to limit the area of absorption used interference filters. The optical analyzer is complexed with an interface and a computer for direct observation of the parameters of the solution concentrations, as well as for transmitting information to a device for adjusting the technological solutions for the presence of Ti^{3+} .

Keywords: optical analyzer, control, automation, electro reduction, titanium sulfate, titanium dioxide, a reducing agent.

Reference

1. Hydrolytic mixed sulfuric acid and the evaporated. STF 32785994.005-2005 [introduction date 2005-09-12] - Armiansk, Ukraine, 2005, S.-16 ("Crimea TITAN").
2. Pat. 2024850. Russian Federation. ICI 'G01N21 / 78. Method for the photometric determination of titanium / L. Ganago [BY]; Ivanova F. [BY]; Ishchenko, N [BY]; - № 5004359/25; appl. 08.071992; 15.12.1994, №3.
3. Marchenko Z, Balcerzak M. Methods spectrophotometry in the UV and visible regions in the inorganic analize. - M.: Binom. Knowledge Laboratory, 2007.- 711 p.
4. Fedorenko A. M., Kurmachev E.A., Tsibriy Y.I. Spectrophotometric determination of titanium(IV) and (III), iron(III) and (II) in sulfuric acid solutions. - Simferopol: *Sat. Scientific notes of TNU, Biology and Chemistry*, **19 (58), 2**, 134 (2006).
5. Sayda G.A., Sverdlov O.V. Practical Guide to Molecular Spectroscopy: Proc. pos. / Ed. N.G. Bakhshiyeva. - L. : LGU, 1980. - 136.
6. Pat. Ukraine 75009, IPC G 01 N 21/78. Method for determination of titanium(III) in technological solutions // A.A. Fedorenko, A.M. Fedorenko, O.I. Shitmanyuk, Yu. I. Tsibriy, E. D. Pershina; the applicant and the owner A.A. Fedorenko, A.M. Fedorenko, O.I. Shitmanyuk, Yu.I. Tsibriy, E.D. Pershina. - № u201200762; appl. 25.01.2012; publ. 26.11.2012, Bull. №22.

Поступила в редакцию 03.11.2015 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аралкин Олег Леонидович	Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», студент 4 курса факультета биологии и химии
Аристова Надежда Ивановна	Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «ННИИВиВ «Магарач», к.т.н., с.н.с. отдела аналитических исследований и инновационных технологий; e-mail: akademik_n@mail.ru
Баевский Михаил Юрьевич	Таврическая академия Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, кандидат химических наук, доцент кафедры органической и биологической химии, e-mail: b_m_y@mail.ru
Бажин Владислав Юрьевич	Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», студент 3 курса факультета биологии и химии
Биба Мария Владимировна	Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», студентка 4 курса факультета биологии и химии
Богатина Нина Ильинична	Физико-технический институт низких температур НАН Украины, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, e-mail: n_bogatina@rambler.ru
Величко Виктория Павловна	Пензенский государственный университет, специальность «Фармация», студентка, e-mail: veliechko.v@mail.ru
Выдыш Анастасия Александровна	ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», старший преподаватель кафедры химической инженерии и дозиметрии, e-mail: an.vy-solo@mail.ru
Вяткина Оксана Валерьевна	Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», кандидат химических наук, доцент кафедры общей и физической химии, e-mail: oksana_vyatkina@list.ru
Грабовская Елена Юрьевна	Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой медико-биологических основ ФК, e-mail: grabovskaya13@mail.ru

Дворник Александр Александрович	ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: aadvornik@gmail.com
Дворник Александр Михайлович	УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии, физиологии и генетики, e-mail: amdvornik@yandex.ru
Довгий Илларион Игоревич	ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», к.х.н., доцент кафедры химической инженерии и дозиметрии, e-mail: dovhyi.illarion@yandex.ru
Елкина Наталья Маратовна	Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, выпускница кафедры биохимии КФУ, e-mail: nataleiolkina@gmail.com
Зайцев Георгий Павлович	Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «ННИИВиВ «Магарач», м.н.с. отдела аналитических исследований и инновационных технологий, e-mail: gorg-83@mail.ru
Зимароева Анастасия Анатольевна	Житомирский национальный агротехнологический университет, к.б.н., доцент кафедры экологии
Ибрагимова Эвелина Энверовна	ГБОУВО РК «КИПУ», к.б.н., доцент, и.о. заведующей кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности
Клементьева Екатерина Алексеевна	«Институт радиобиологии НАН Беларуси», научный сотрудник лаборатории радиэкологии ГНУ
Коношенко Светлана Владимировна	Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Таврическая академия, кафедра биохимии, доктор биологических наук, профессор
Коренькова Олеся Олеговна	Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Таврическая академия, ассистент кафедры лесного и садово-паркового хозяйства, e-mail: o.o.korenkova@mail.ru
Король Раиса Александровна	ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», научный сотрудник, e-mail: raisa-korol@mail.ru
Костюк Александра Сергеевна	Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Кафедра биохимии ННЦ «Институт биологии, к.б.н., ассистент, e-mail: alexkostiuk@mail.ru
Куленкова Анна Андреевна	Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики

Кунык Анастасия Николаевна	Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», студентка 2 курса магистратуры факультета биологии и химии
Курмачев Эдуард Александрович	Армянский филиал ООО «Титановые Инвестиции» Промзона Северная, технический директор
Кучер Евгения Николаевна	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Таврическая академия, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: evgenia.kucher@gmail.com
Лагунов Игорь Михайлович	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Таврическая академия, старший преподаватель кафедры экспериментальной физики; e-mail: Lagunov.igor@gmail.com
Линник Александр Сергеевич	Физико-технический институт низких температур НАН Украины, сотрудник отдела молекулярной биофизики
Луцюк Николай Витальевич	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Таврическая академия, кандидат биологических наук, с.н.с. научно-исследовательского центра экспериментальной физиологии и биотехнологий
Ляпунов Александр Юрьевич	Физико-химический института им. А.В. Богатского НАН Украины, к.х.н., старший научный сотрудник, e-mail: Lyapunov_A@rambler.ru
Маметова Ольга Борисовна	Медицинская Академия Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, преподаватель, e-mail: mshapkat@gmail.com
Мацюра Александр Владимирович	Алтайский государственный университет, д.б.н., проф. кафедры экологии, биохимии и биотехнологии, e-mail: amatsyura@gmail.com
Меметов Дилявер Ремзиевич	Таврическая академия Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, магистрант кафедры органической и биологической химии, e-mail: memetov.d@mail.ru
Мишин Николай Петрович	Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Таврическая академия, старший преподаватель кафедры медико-биологических основ физической культуры
Моисеева Инесса Яковлевна	Медицинский Институт Пензенского государственного университета, профессор, кандидат медицинских наук, декан лечебного факультета, заведующая кафедрой общей и клинической фармакологии, e-mail: moiseeva_pharm@mail.ru

Нагаева Елена Ивановна	Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Таврическая академия, к.б.н., доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры
Павленко Владимир Борисович	Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой общей психологии
Панов Денис Александрович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», к.х.н., доцент кафедры общей и физической химии факультета биологии и химии; e-mail: panovda@crimea.edu
Пресняков Владимир Александрович	Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Таврическая академия, магистр кафедры медико-биологических основ физической культуры
Разгонова Ольга Владимировна	Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «ННИИВиВ «Магарач», к.с.-х.н., н.с. отдела селекции, генетики винограда и ампелографии; e-mail: olga.razgonova@meta.ua
Савина Ксения Дмитриевна	Таврическая Академия Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры спортивных игр и гимнастики, e-mail: syshko@list.ru
Семенова Елена Федоровна	Пензенский государственный университет, профессор, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, кафедра общей и клинической фармакологии, e-mail: sef1957@mail.ru
Семенчук Алла Васильевна	Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «ННИИВиВ «Магарач», инженер-химик отдела аналитических исследований и инновационных технологий
Ситник Марина Ивановна	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Таврическая академия, студентка факультета биологии и химии
Собчук Наталья Андреевна	Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, магистрантка факультета биологии и химии
Соболев Валерий Иванович	Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Институт педагогики, психологии и инклюзивного образования Гуманитарно-педагогической академии, д.б.н., профессор кафедры здоровья и реабилитации
Соловьёва Ольга Викторовна	ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского Российской Академии наук», кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: kozl_ya_oly@mail.ru

Стойко Тамара Григорьевна	Педагогический институт имени В.Г. Белинского Пензенского государственного университета, профессор, кандидат биологических наук, кафедра зоологии и экологии, e-mail: tgstojko@mail.ru
Сышко Галина Дмитриевна	Таврическая Академия Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры теории и методики физической культуры, e-mail: syshko@list.ru
Сышко Дмитрий Владимирович	Таврическая Академия Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, заведующий кафедрой теории и методики физической культуры, e-mail: syshko@list.ru
Тарабрина Наталья Юрьевна	Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ ФК, e-mail: nata-tarabrina@mail.ru
Темурьянц Наталья Арменаковна	Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, д.б.н., профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur328@gmail.com
Тимуш Ирина Яковлевна	КРУ «Дом Ребенка “Елочка”», практический психолог
Тихонова Елена Андреевна	ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского Российской Академии наук», кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, e-mail: tihonoval@mail.ru
Труш Вера Владимировна	Донецкий национальный университет, канд. мед. наук, доцент, и.о. зав. кафедрой физиологии человека и животных
Туманянц Каринэ Николаевна	Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, директор научно-исследовательского центра экспериментальной физиологии и биотехнологий, старший преподаватель кафедры медико-биологических основ физической культуры, e-mail: timur328@gmail.com
Федоренко Александр Михайлович	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Таврическая академия, доктор химических наук, профессор кафедры общей и физической химии; e-mail: fedoram37@gmail.com
Федоренко Андрей Александрович	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Таврическая академия, м.н.с. научно-исследовательского центра функциональных материалов и нанотехнологий; e-mail: fedoram37@gmail.com

Хусаинов Денис Рашидович	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Таврическая академия, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Чайка Андрей Владимирович	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Таврическая академия, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Черетаев Игорь Владимирович	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Таврическая академия, канд. биол. наук, м.н.с. кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Черный Сергей Васильевич	Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Таврическая академия, к.б.н., доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры
Чмелева Светлана Ивановна	Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Таврическая академия к.б.н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Чуян Елена Николаевна	Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, д.б.н., профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики
Шейкина Надежда Валерьевна	Национальный фармацевтический университет, кандидат биологических наук, ассистент, e-mail: sheykina@ukr.net
Шпичка Анастасия Иосифовна	Пензенский государственный университет, доцент, кандидат биологических наук, кафедра общей и клинической фармакологии, e-mail: ana-spichka@yandex.ru
Эйсмонт Евгения Владимировна	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Таврическая академия, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Якубова Зение Аблялимовна	ГБОУВО РК «КИПУ», старший преподаватель кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности, заслуженный врач АР Крым
Ярмолук Наталья Сергеевна	Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, к.б.н., старший преподаватель кафедры медико-биологических основ физической культуры, e-mail: nat_yarm@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Vogatina N. I., Sheykina N. V., Linnik A. S.**
EFFECT OF ALTERNATIVE ELECTRIC FIELDS OF DIFFERENT DIRECTIONS ON THE CRESS ROOTS GRAVITROPIC REACTION IN VERTICAL STATIC MAGNETIC FIELD..... 3
- Величко В. П., Семенова Е. Ф., Стойко Т. Г., Шпичка А. И., Мусеева И. Я.**
ТОКСИЧНОСТЬ РОЗОВОГО И ЭРЕМОТЕЦЕВОГО МАСЛА В ОТНОШЕНИИ КУЛЬТУРЫ *PARAMECIUM CAUDATUM* 10
- Дворник А. А., Король Р. А., Дворник А. М.**
ДОЛГОЖИВУЩИЕ РАДИОНУКЛИДЫ В НАПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ СОСНОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ И ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ..... 16
- Елкина Н. М., Коношенко С. В.**
ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ И ПЕРОКСИДАЦИЯ ЛИПИДОВ В ЭРИТРОЦИТАХ ПРИ ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОЙ АНЕМИИ 25
- Елкина Н. М., Коношенко С. В.**
ПРОЦЕССЫ ПЕРОКСИДАЦИИ ЛИПИДОВ И ГЕНЕРИРОВАНИЯ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА В ЭРИТРОЦИТАХ БОЛЬНЫХ КАРДИОМИОПАТИЕЙ 30
- Ибрагимова Э. Э., Якубова З. А.**
ЭКСПРЕСС-МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ 36
- Клементьева Е. А.**
ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ^{210}Pb И ^{210}Po В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ И ИХ ВКЛАД В ДОЗОВУЮ НАГРУЗКУ ЖИТЕЛЕЙ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ 45
- Коренькова О. О.**
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХВОИ КРЫМСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ *JUNIPERUS FOETIDISSIMA* WILLD..... 54
- Луцюк Н. В., Куленкова А. А., Эйсмонт Е. В., Тимуш И. Я., Павленко В. Б.**
О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЕ С ДЕТЬМИ-СИРОТАМИ ТРЕХЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА 60
- Маметова О. Б., Сышко Д. В., Савина К. Д., Сышко Г. Д.**
ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЗГОВОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ ДО И ПОСЛЕ ПАРАВЕРТЕБРАЛЬНОЙ МИОРЕЛАКСАЦИИ 71

Мацюра О. В., Зимароєва А. А. ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВОГО ТА СЕЗОННОГО РОЗПОДІЛУ ВОРОНОВИХ ПТАХІВ В УМОВАХ ТРАНСФОРМОВАНИХ ЛАНДШАФТІВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	78
Нагаєва Е. И., Черный С. В., Мишин Н. П., Пресняков В. А. УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА, ЗАНИМАЮЩИХСЯ БОЛЬШИМ ТЕННИСОМ	100
Собчук Н. А., Чмелёва С. И. ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕПАРАТОМ ЦИРКОН НА МИТОТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ АПИКАЛЬНОЙ МЕРИСТЕМЫ КОРНЕЙ КУКУРУЗЫ	107
Тарабрина Н. Ю., Грабовская Е. Ю. КОРРЕКЦИЯ МЫШЕЧНОГО ГИПЕРТОНУСА В УСЛОВИЯХ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ НАГРУЗОК У БОРЦОВ.....	115
Темурьянц Н. А., Чуян Е. Н., Ярмолюк Н. С., Туманянц К. Н., Костюк А. С. КОРРЕКЦИЯ ЭКРАНИНДУЦИРОВАННОГО ДЕСИНХРОНОЗА У ПЛАНАРИЙ <i>DUGESIA TIGRINA</i> НИЗКОИНТЕНСИВНЫМ ПемП КРАЙНЕ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ.....	124
Тихонова Е. А., Соловьёва О. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОРТОВЫХ АКВАТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)	135
Труш В. В., Соболев В. И. ВЛИЯНИЕ АДРЕНАЛИНА, ВВОДИМОГО В ПЕРИОД ОСТРОГО ОПЫТА, НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАБОТАЮЩЕЙ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ БЕЛЫХ КРЫС И ЕЕ УСТОЙЧИВОСТЬ К УТОМЛЕНИЮ.....	145
Чайка А. В., Черетаев И. В., Хусаинов Д. Р. МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОКЛИНИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ АНАЛЬГЕТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫСАХ И МЫШАХ.....	161
Чмелева С. И., Кучер Е. Н., Ситник М. И. СТИМУЛИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА ЦИРКОН НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ГОРОХА	174

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аристова Н. И., Разгонова О. В., Панов Д. А., Зайцев Г. П., Семенчук А. В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ВИНМАТЕРИАЛА ИЗ НОВОГО КРАСНОГО СОРТА ВИНОГРАДА «КАФА» МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ	183
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Баевский М. Ю., Меметов Д. Р. КОНДЕНСАЦИЯ <i>o</i> -ФЕНИЛЕНДИАМИНА С КАРБОНОВЫМИ КИСЛОТАМИ В ПРИСУТСТВИИ ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ	191
Выдыш А. А., Довгий И. И., Ляпунов А. Ю. ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА(III) СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ 4,4'(5')-ДИНИТРО- ДИБЕНЗО-24-КРАУН-8.....	197
Вяткина О. В., Кунык А. Н., Биба М. В., Аралкин. О. Л., Бажин В. Ю. ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ С ПЕРОКСИДАЗНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОКИНОНА В ВОДЕ	204
Федоренко А. А., Курмачев Э. А., Федоренко А. М., Лагунов И. М. РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ПРОИЗВОДСТВА ДИОКСИДА ТИТАНА	216
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	222
СОДЕРЖАНИЕ	228